

LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGARUH PENAMBAHAN CO₂ PADA KINERJA PENGOLAHAN
LIMBAH CAIR BERBASIS ALGA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Sastra Satu (S1) Teknik Lingkungan



WAHYU BUDIYANTORO

13513227

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FALKUTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2017

LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGARUH PENAMBAHAN CO₂ PADA KINERJA
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BERBASIS ALGA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Sastra Satu (S1) Teknik Lingkungan

Disusun oleh :

WAHYU BUDIYANTORO

13513227

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Andik Yulianto, S.T., M.T

Tanggal: 10/7 2017

Dosen Pembimbing II

Anja Asmarany R, S.Si., M.Si

Tanggal : 10/7 2017

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII



Hudori, S.T., M.T

Tanggal :

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat kata atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia. (apabila menggunakan *software* khusus)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.
6. Hasil penelitian ini dapat dipublikasikan dengan arahan atau persetujuan Dosen Pembimbing tugas akhir.

Yogyakarta, 12 Juli 2017

Yang membuat pernyataan



Wahyu Budiyanoro

PERSEMBAHAN

Syukur alhamdulillah saya persembahkan karya ini untuk :

Allah SWT dan Rasulullah SAW

Orang tua dengan kasih sayang yang tiada henti mengalir dan mendo'akan

Keluarga saya yang selalu mendukung

Teman – teman yang selalu ada menemani

Almamater, Universitas Islam Indonesia

Para Guru dan Dosen yang telah mendidik saya selama ini

Keluarga besar Jurusan Teknik Lingkungan Angkatan 2013

Keluarga besar KMM Candi Yogyakarta I

KATA PENGANTAR



Assalamu‘alaikum Wr. Wb.

Segala puji bagi Allah SWT, yang telah menciptakan alam semesta beserta isinya. Shalawat serta salam tak lupa penulis junjungkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga dan sahabatnya, serta orang-orang yang mengikuti jejak mereka hingga akhir zaman. Alhamdulillahirobbil‘alamin atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Penambahan CO₂ Pada Kinerja Pengolahan Limbah Cair Berbasis Alga”**.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis tidak terlepas dari motivasi, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak tercinta Alm. Supardi serta Ibu tercinta Burhany yang do‘a dan restunya mengalir tiada henti, dan juga kakakku Wawan Sulystia dan kedua adikku Prayitno, dan Anina Fahmi, paman saya Abdulloh dan Alm. istrinya Mulyani yang telah hadir dalam kehidupanku hingga sekarang dan nanti.
2. Bapak Hudori ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, yang telah banyak memberikan inspirasi, ilmu dan pegalamannya.
3. Bapak Andik Yulianto, S.T., M.T, Ibu Anja Asmarany R, S.Si., M.Si, Dr. Suphia Rahmawati S.T., M.T dan Ibu Aulia Ulfah Farahdiba, ST., M.Sc, selaku Dosen Pembimbing, terima kasih atas bimbingan dan arahnya selama penyusunan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Lingkungan FTSP Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas pelajaran, pengalaman dan

bantuan yang diberikan. Semoga ilmu dan pengalaman ini dapat bermanfaat bagi diri kami dan orang lain.

5. Pak Iwan, Pak Tasyono, Mba Nuri, Mba Diah, dan Mba Rina yang telah membantu dan memberi masukan selama pengerjaan Tugas Akhir di Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII.
6. Kepada anggota ALGA CINTA, Ika Bayu Kartika, dan Ika Bayu Cendani yang telah berjuang bersama, bahu membahu, baik dalam susah maupun senang
7. Sahabat-sahabatku : Taufik, Wisnu, Bowin ,Mashudi, Dona, Nurin, Lutfhianisa,Dio, Faisal, Azkiya, Ridho,Indras dan Yosi, untuk waktu-waktu bersama semasa studi ini.
8. Teman dekatku Coldbert yang selalu mendukung .
9. Teman-teman KKN unit KP-61 angkatan 53 yang mendukung dan selalu memberi toleransi selama penelitian
10. Saudara-saudaraku yang ada Cilacap dan sekitarnya, Solo, maupun di Yogyakarta
11. Keluarga besar mahasiswa Teknik Lingkungan FTSP UII angkatan 2013, terimakasih atas kebersamaannya selama ini. Semoga kita semua menjadi orang yang sukses dan bermanfaat untuk orang lain serta selalu menjaga silaturahmi.

Semoga apa yang penulis sampaikan dalam penelitian ini dapat berguna bagi rekan-rekan mahasiswa maupun semua pihak yang membutuhkan sehingga dapat menjadi studi literatur bagi penelitian yang berhubungan.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 08 Juni, 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LAPORAN TUGAS AKHIR.....	i
PERNYATAAN	ii
PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TUNJUAN PUSTAKA	4
2.1 Limbah Cair Domestik	4
2.2 Amonia	5
2.3 Alga.....	7
2.4 Simbiosis Alga-Bakteri.....	9
2.5 Penambahan CO ₂ pada Alga Reactor	10
2.6 Seeding dan Aklimatisasi	11

BAB III METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Kerangka Penelitian.....	12
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	13
3.3 Lokasi Penelitian	14
3.4 <i>Seeding</i> dan Aklimatisasi.....	14
3.5 Pengumpulan Data.....	14
3.6 Metode Pengambilan Contoh dan Pengawetan Sampel	16
3.7 Metode Identifikasi dan Jumlah Sel Alga.....	16
3.8 Metode Pengujian Amonia	16
3.9 Metode Pengujian Klorofil a	16
3.9.1 Perhitungan Klorofil a	16
3.10 Metode Pengujian Parameter Kualitas Air	17
3.12 Analisa Data.....	17
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA	19
4.1 Identifikasi Alga	19
4.2 <i>Mixing</i> pada Alga Reaktor	20
4.3 <i>Seeding</i> dan Aklimatisasi	21
4.4 Analisis Sel <i>Chlorella</i> sp.	22
4.5 Analisis Klorofil-a	23
4.6 Analisis Parameter Kualitas Air	25
4.6.1 DO (Dissolved Oxygen).....	25
4.6.1.1 Korelasi Klorofil-a dengan Kadar Oksigen Terlarut (DO).....	26
4.6.2 Derajat Keasaman (pH)	27
4.6.3 Intesitas Cahaya.....	29
4.6.4 Temperatur	30
4.7 Analisis Amonia	31

4.7.1 Korelasi Amonia terhadap Klorofil a	32
4.7.2 Korelasi Amonia terhadap Derajat Keasaman	34
4.7.3 Korelasi Amonia terhadap Suhu	35
4.8 Efisiensi Penghapusan Amonia	37
BAB V KESIMPULAN.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR NOTASI

A	= Selisih kerapatan optik sebelum pengasaman
Angka 26,7	= Konstanta (koreksi) serapan masuk
B	= Selisih kerapatan optik setelah pengasaman
Vs	= Volume benda uji (l)
C	= Kadar yang didapat dari hasil pengukuran
CO ₂	= Karbondioksida
Cin	= Kosentrasi Amonia Awal
Cout	= Kosentrasi Amonia Akhir
DO	= Dissolved Oksigen
Fp	= Faktor pengenceran
H ₂ O	= Air
L	= Bagian transparan atau lebar kuvet (cm)
N	= Banyaknya pasangan data X dan Y
NH ₃	= Amonia
NH ₄ ⁺	= Amonium
O ₂	= Oksigen
R	= Koefisien korelasi
Vs	= Volume contoh uji (m ³)
ΣX	= Total Jumlah variabel X
ΣX ²	= Kuadrat dari total jumlah variabel X
ΣX ²	= Kuadrat dari total jumlah variabel X
ΣXY	= Hasil perkalian daro total jumlah variabel X dan variabel Y
ΣY	= Total Jumlah variabel Y

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karateristik Limbah Cair Domestik (Sumarno, 2002)	4
Tabel 2.2 Karateristik Limbah Inlet IPAL Sewon (Balai PIPBPJK, 2016)	5
Tabel 3.1 Alat dan Pengujian Kualitas Air.....	17
Tabel 3.2 Pedoman Interpretasi terhadap Koefisien Korelasi	18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengaruh pH dan suhu terhadap distribusi NH_3 dan NH_4^+ (Viljoen, 2001) ⁷	
Gambar 2.2 Simbiosis Alga-bakteri dalam Air (Nadine, 2007)	9
Gambar 3.1 Kerangka penelitian	12
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian	13
Gambar 3.3 Reaktor Alga	15
Gambar 4.1 Hasil pengamatan alga dengan mikroskop pembesaran 10x	19
Gambar 4.2 Proses <i>mixing</i> pada alga reaktor	20
Gambar 4.3 Pertumbuhan <i>Chlorella</i> sp. pada aklimatisasi	21
Gambar 4.4 Jumlah sel <i>Chlorella</i> sp. pada berbagai reaktor saat <i>running</i>	23
Gambar 4.5 Rerata kandungan Klorofil a berbagai reaktor saat <i>running</i>	24
Gambar 4.6 Kadar Oksigen Terlarut (DO) berbagai reaktor saat <i>running</i>	25
Gambar 4.8 Derajat Keasaman tiap-tiap reaktor saat <i>running</i>	28
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Intesitas Cahaya saat <i>running</i>	29
Gambar 4.10 Temperatur air didalam reaktor sata <i>running</i>	30
Gambar 4.11 Penurunan amonia dalam berbagai reaktor saat <i>running</i>	31
Gambar 4.12 Korelasi Klorofil a dengan Amonia	33
Gambar 4.13 Korelasi pH dengan Amonia	34
Gambar 4.14 Korelasi Suhu dengan Amonia	36
Gambar 4.15 Efisiensi penghapusan amonia	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	45
Lampiran 2	52
Lampiran 3	56
Lampiran 4	59
Lampiran 5	60

ABSTRAK

Limbah cair domestik dapat menyebabkan pencemaran dan eutrofikasi di lingkungan. Hubungan simbiosis alga-bakteri memiliki potensi dalam pengolahan air limbah dengan kandungan amonia tinggi. Penambahan CO₂ diharapkan dapat lebih memaksimalkan proses aerobik dari hubungan simbiosis alga-bakteri didalam pengolahan berbasis alga. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efisiensi removal amonia dari limbah domestik perkotaan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan limbah Instalasi Pengelolaan Air Limbah Sewon, Yogyakarta dengan suplai CO₂ 0,2 L/menit dan 0,5 L/menit. Klorofil-a dan jumlah sel alga diuji setiap 2 hari untuk mengetahui pertumbuhan alga. Sedangkan amonia dianalisa setiap 2 hari untuk mengetahui kinerja reaktor. Selain itu terdapat analisis faktor lain berupa parameter kualitas air yaitu derajat keasaman (pH), temperatur, oksigen terlarut (DO), dan Intesitas Cahaya. Hasil penelitian menunjukan kemampuan alga reaktor dalam menurunkan amonia mencapai 75 % dengan suplai CO₂ 0,2 L/menit dengan kondisi suhu, pH, dan Klorofil-a pada keadaan optimum.

Kata Kunci : Alga-bakteri, CO₂, amonia

ABSTRACT

Domestic wastewater can cause contamination and eutrophication in the environment. The relationship of algae-bacterial symbiosis has potential in wastewater treatment with high ammonia content. The addition of CO₂ is expected to further maximize the aerobic process of algae-bacterial symbiotic relationships in based algae processing. The purpose of this research is to know the efficiency of ammonia removal from domestic urban waste. The research was conducted by using Sewon Wastewater Management Installation Waste, Yogyakarta with CO₂ supply of 0.2 L / min and 0.5 L / min. Chlorophyll-a and algal cell numbers are tested every 2 days to determine algal growth. While ammonia is analyzed every 2 days to know the performance of reactor. In addition, there are other factors such as the degree of acidity (pH), temperature, dissolved oxygen (DO), and light intensity. The results showed the ability of reactor algae in reducing ammonia reach 75% with supply of CO₂ 0.2 L / minute with condition of temperature, pH, and chlorophyll-a at optimum condition.

Keywords: *Algae-bacteria, CO₂, ammonia*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah domestik semakin bertambah dengan seiring bertambahnya jumlah penduduk suatu daerah. Limbah domestik yang dihasilkan manusia dan langsung masuk ke badan air tanpa melalui suatu pengolahan akan mengakibatkan badan air tercemar. Limbah domestik dapat mengakibatkan pencemaran karena didalam limbah terdapat komponen-komponen zat pencemar. Salah satu komponen-komponen tersebut adalah nutrisi. Kandungan nutrisi tinggi yang masuk dalam badan air menyebabkan beban kerja badan air semakin berat. Peningkatan nutrisi dalam ekosistem air akan menyebabkan perubahan vegetasi yang disebut eutrofikasi. Unsur-unsur nutrisi penyebab eutrofikasi diantaranya adalah kandungan nitrogen (N) (Nielsen *et al.*, 2009).

Nitrogen di dalam air limbah ditemukan dalam bentuk organik (40%) dan amonia dalam bentuk NH_3 atau NH_4^+ sebesar 60%. Amonia dalam air limbah perlu diolah karena dalam konsentrasi yang tinggi pada permukaan air menyebabkan kematian ikan pada perairan. Apalagi jika nilai pH dalam air tinggi, dengan jumlah amonia yang rendah sudah bersifat sangat racun (Crites *et al.*, 2006).

Selama ini pengolahan limbah kurang memperhatikan penghilangan nitrogen dalam air limbah sehingga banyak ditemukan hasil pengolahan limbah domestik masih memiliki kandungan amonia tinggi. Salah satu pengolahan yang dapat mengolah amonia dalam air limbah adalah teknologi fitoremediasi. Fitoremediasi adalah pengelolaan limbah yang memanfaatkan tumbuhan sebagai pendegradasi dalam air limbah, seperti penggunaan dengan mikroalga. Kemampuan alga dalam menghilangkan amonia cukup tinggi. Apalagi dengan ditambahkan sistem gabungan yaitu sistem alga-bakteri yang dapat meningkatkan efisiensi removalnya. Hal ini terjadi karena mikroalga dalam mengolah amonia memanfaatkannya sebagai sumber nitrogen untuk menunjang pertumbuhan mikroalga atau

membentuk biomassa. Sementara itu bakteri memanfaatkan oksigen dari alga untuk proses pemecahan bahan organik dalam air limbah.

Shi *et al.*, (2007) melaporkan bahwa dengan sistem perpaduan dua mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Scenedesmus rubescens* menunjukkan efisiensi penghapusan amonium, nitrat, dan fosfat lebih dari 90% dalam waktu 9 hari. Jika sistem dipadukan dengan alga-bakteri penghapusan nitrogen dan pospor memiliki efisiensi 91% dan 93% dengan perbandingan alga bakteri yaitu 5:1 (Su *et al.*, 2012). Simbiosis alga-bakteri terbukti lebih mampu menghapus NH_4^+ dan total fosfor sebesar 86% dan 93% dari pada dengan hanya sistem alga tunggal hanya sebesar 29% dan 55 % serta dengan sistem bakteri tunggal efisiensi penghapusannya hanya sebesar 1% dan 78% (Liang *et al.*, 2013)

Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) Sewon dibangun pada awal Januari 1994 – Desember 1995 yang kemudian dioperasikan pada tahun 1996. IPAL Sewon difungsikan untuk mengolah limbah rumah tangga (kamar mandi, air cucian, WC dan dapur) yng merupakan satu-satunya pengolah air limbah kota di Yogyakarta. IPAL Sewon yang memiliki kapasitas yang cukup besar yaitu 15.500 m³/hari membuat IPAL sewon perlu mendapatkan perhatian khusus. Hal ini dikarenakan adanya potensi untuk mencemari badan air jika pengolahan tidak terlaksana dengan baik. Potensi tersebut berasal dari kandungan bahan-bahan kontaminan yang terdapat dalam air limbah. Oleh karena itu peneliti ingin mengetahui pemanfaatan sistem gabungan alga-bakteri dalam menurunkan kandungan amonia pada air limbah IPAL Sewon.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijabarkan maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Pengaruh CO₂ terhadap kemampuan penurunan amonia dengan menggunakan *algae reactor* dalam air limbah domestik.
2. Efisiensi penurunan amonia dengan menggunakan *algae reactor* dalam air limbah domestik.
3. Pengaruh CO₂, cahaya, pH, dan suhu terhadap kinerja *algae reactor* dan efisiensi penurunan

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kemampuan *algae reactor* dalam pengolahan nutrisi berupa amonia dalam limbah cair domestik.
2. Mengevaluasi pengaruh gas CO₂ dalam kemampuan kinerja *algae reactor* dalam menurunkan nutrisi berupa amonia.

1.4 Ruang Lingkup

Agar diperoleh hasil pembahasan yang maksimal, maka perlu dilakukan pembatasan masalah yang akan dibahas. Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, maka batasan masalah dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Tempat yang menjadi lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium FTSP Kampus Terpadu UII jalan Kaliurang km 14,5 dan Laboratorium IPAL Sewon Yogyakarta.
2. Proses *running* dilakukan pada bulan April dimana dalam musim hujan dan pengambilan sampel dilakukan pada pukul 09.00 WIB.
3. Limbah yang akan digunakan adalah limbah IPAL Sewon Yogyakarta.
4. Parameter yang akan diuji adalah:
 - a. Parameter utama kadar bahan organik berupa amonia.
 - b. Variabel tambahan berupa, *Dissolved Oxygen* (DO), suhu, pH, jumlah sel alga, klorofil-a dan cahaya.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan dan potensi alga-bakteri dengan penambahan CO₂ dalam pengolahan air limbah serta pemanfaatan dan pengembangan teknologi menggunakan alga di kemudian hari.

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik merupakan air yang telah dipergunakan dan bersumber dari rumah tangga atau pemukiman termasuk didalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, WC, serta tempat memasak (Sugiharto, 2008). Sumber penghasil limbah cair di Indonesia terbesar berasal dari aktivitas pemukiman (rumah tangga). Hal ini mendapat perhatian khusus dalam menangani permasalahan limbah cair agar mendapatkan metode yang tepat (Wirawan *et al.*, 2014). Limbah cair domestik rata-rata mengandung bahan organik dan senyawa mineral yang bersumber dari sisa-sisa makanan, urin dan sabun. Limbah ini biasanya memiliki bentuk bahan tersuspensi dan yang sebagian dalam bentuk terlarut. Secara umum limbah cair domestik memiliki karakteristik fisik dan kimia sebagai berikut:

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Cair Domestik (Sumarno, 2002)

Cemaran	Konsentrasi (mg/L)	
	Kisaran	Rata-rata
Padatan		
1. Terlarut	250-850	500
2. Tersuspensi	100-350	220
Minyak dan Lemak	50-150	100
BOD	110-400	220
COD	250-1000	500
TOC	80-290	160
Nitrogen		
1. Organik	8.-35	15
2. NH ₃	12.-50	25
Phospor		
1. Organik	1.-5	3
2. Anorganik	3.-10	5
Klorida	30-100	50
Alkalinitas	50-200	100

Sedangkan pada kualitas limbah IPAL Sewon memiliki karakteristik limbah masukan sebagai berikut:

Tabel 2.2 Karakteristik Limbah Inlet IPAL Sewon (Balai PIPBPJK, 2016)

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	Suhu	°C	28,30
2	pH	-	7,40
3	DO	mg/L	2,56
4	BOD	mg/L	35,49
5	COD	mg/L	60,10
6	Natrium	mg/L	22,28
7	Amoniak	mg/L	6,03
8	Fosfat	mg/L	0,40
9	Minyak dan Lemak	mg/L	7,00
10	Residu terlarut	mg/L	248,00

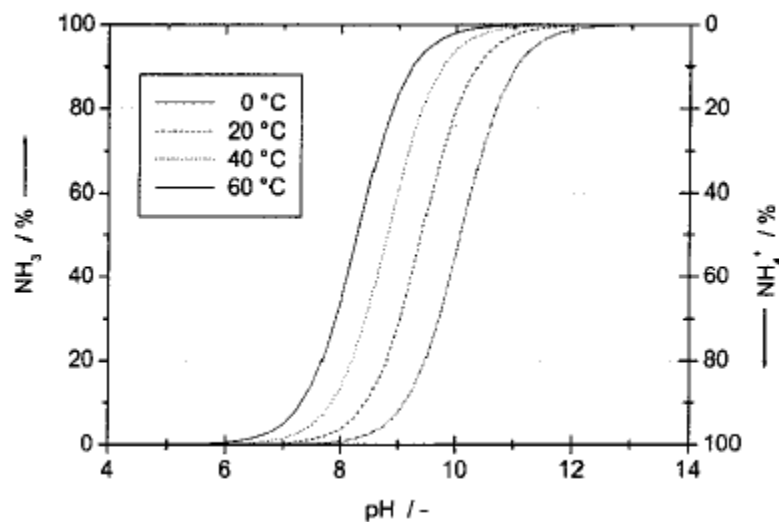
Karakteristik tersebut membuat limbah cair domestik menjadi ancaman serius. Hal ini dapat dipastikan limbah cair domestik mencemari lingkungan khususnya badan air dan dapat berfungsi sebagai media pembawa bibit penyakit (Santi, 2004).

2.2 Amonia

Kandungan nitrogen di dalam air permukaan sebagian besar berasal dari sumber drainase tanah dan air limbah domestik. Sumber limbah domestik yang membawa nitrogen tersebut berasal dari air limbah feses, urin dan sisa-sisa makanan. Nitrogen ini ditemukan dalam bentuk organik (40%) dan amonia dalam bentuk NH_3 atau NH_4^+ sebesar 60% (Crites *et al.*, 2006). Selain itu nitrogen dalam air dapat berbentuk berbagai macam diantaranya nitrit, nitrat, ammonia atau N yang dapat terikat oleh bahan organik maupun bahan anorganik. Selanjutnya amonia akan dioksidasi membentuk nitrit. Akan tetapi nitrit tidak akan bertahan lama atau merupakan keadaan sementara setelah proses oksidasi amonia dan nitrat (Winata *et al.*, 2000).

Amonia adalah salah satu bentuk nitrogen dalam air limbah sebagai indikator masuknya buangan pemukiman ke badan air (Abe *et al.*, 2002). Hal ini karena amonia bersumber dari air seni, tinja dan oksidasi zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari buangan pemukiman penduduk (Alerts, 1987). Pendapat ini sejalan dengan Kumar De (1997) yang mengungkapkan bahwa air limbah domestik mengandung amonia. Amonia tersebut berasal dari pembusukan protein tanaman/hewan dan kotoran. Nitrogen yang berasal dari kotoran dan air seni akan berubah menjadi amonia. Demikian pula tumbuhan dan hewan yang telah mati akan diuraikan oleh organisme pengurai menjadi senyawa amoniak dan amonium. Jika pada badan air yang tidak mengalir amonia dioksidasi maka akan terbentuk nitrat dan nitrit. Nitrit merupakan senyawa yang sangat beracun. Oleh karena itu kandungan nitrogen didalam air sebaiknya dibawah 0,3 ppm. Jika kandungannya diatasnya maka akan mengakibatkan ganggang tumbuh dengan subur. Bagi manusia dan hewan kandungan nitrat maksimal adalah 45 ppm. Jika melebihi ambang batas maka beracun bagi manusia dan hewan (Kristianto, 2002). Dalam banyak kasus unsur N dan P (nutrisi bebas) dalam air limbah tidak mendapatkan perhatian secara khusus dalam proses penghilangannya. Dengan mikroalga nutrisi bebas tersebutlah dapat diolah dengan perlakuan pretreatment terdahulu pada air limbah (Godos *et al.*, 2016).

Berbagai bentuk nitrogen yang paling besar adalah amonia didalam air limbah. Amonia dalam air atau dalam larutan dapat berbentuk amonia molekul NH_3 atau ion amonium NH_4^+ . Keseimbangan antara kedua bentuk dalam air seperti pada reaktor berikut: $\text{NH}_{3(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \leftrightarrow \text{NH}_4^+_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})}$, sangat tergantung pada pH dan suhu. Pada pH 7 pada dasarnya hanya ion amonium yang hadir, sedangkan pada pH 12 gas amonia hanya terlarut yang hadir. Pada nilai pH 8 sekitar 95% dari nitrogen amonia dalam bentuk ion amonium (NH_4^+). Oleh karena itu, dalam sistem biologi, seperti laguna aerasi di mana nilai-nilai pH biasanya kurang dari 8 mayoritas nitrogen amonia dalam bentuk ion amonium (NH_4^+) (Crites *et al.*, 2006). Distribusi molekul NH_3 atau ion amonium NH_4^+ dapat dilihat pada **Gambar 2.1**



Gambar 2.1 Pengaruh pH dan suhu terhadap distribusi NH_3 dan NH_4^+
(Viljoen, 2001)

2.3 Alga

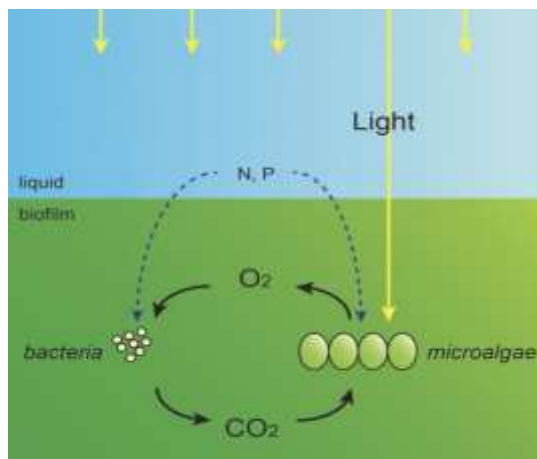
Mikroalga merupakan makhluk yang sangat adaptif dan mampu bertahan hidup baik secara autotrof, heterotrof atau mikсотrof. Mikroalga memiliki kemampuan dalam mendegradasi atau mengakumulasi polutan organik maupun anorganik dari lingkungan sehingga konsentrasi pada tubuhnya lebih tinggi dari pada lingkungan tempat tinggalnya (Dwivedi, 2012). Saat ini mikroalga dianggap sebagai solusi menarik dalam menghilangkan bahan-bahan kontaminasi pada air limbah. Mikroorganisme ini mengasimilasi nitrogen dan fosfor dan menghasilkan oksigen dan bersimbiosis dengan bakteri dalam konsumsi bahan organik menghasilkan limbah berkualitas tinggi dengan bahan-bahan kontaminasi sangat rendah. Oleh karena itu pengolahan dengan alga memerlukan energi yang sangat rendah (Park and Craggs, 2010). Mikroalga juga dapat menghilangkan nitrogen dari air melalui proses biosorpsi dan menyimpannya sebagai biomassa. Ketika mikroalga mati, maka terdekomposisi dan melepaskan amonia atau ureum ke badan air dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber nitrogen lagi (Woodward *et al.*, 2009). Mikroalga adalah protista autotrof eukariotik yang memiliki pigmen fotosintetik hijau (klorofil), coklat (fikosantin), biru kehijauan (fikobilin), dan merah fikoreritrin) dan sebagian besar hidup di air yang mensuplai 50% oksigen perairan. Kegunaan mikroalga sebagai bioindikator kualitas air sudah tidak diragukan lagi. Mikroalga

merupakan organisme yang hidup didalam air yang memanfaatkan cahaya dan gas karbondioksida (CO_2) untuk membentuk biomassa. Dari berbagai jenis alga, mikroalga *Chlorella* merupakan mikroalga komposit yang sebagai besar hidup di lingkungan akuatik baik perairan tawar, laut maupun payau, bahkan juga dapat ditemukan di tanah dan ditempat lembab (Roger, 2011). Sel *Chlorella* memiliki tingkat reproduksi yang tinggi setiap sel *Chlorella* mampu berkembangbiak menjadi 10.000 sel dalam waktu 24 jam (Prihantini *et al.*, 2005). Pemanfaatan *Chlorella* biasa dilakukan dengan menggunakan teknik kultur (Chojnacka, 2009). Teknik kultur yang mudah salah satunya adalah dengan *High Rate Alga Ponds (HRAP)* dalam mengembangbiakan alga dalam mengolah limbah domestik (Godos *et al.*, 2016). Kondisi ini sudah dengan pemasokan gas CO_2 ke air limbah. Selain itu adaptasi *Chlorella* dari parasit cukup baik karena memiliki antibiotik yang dapat melawan bakteri-bakteri penyakit (Vashista, 1979). Kandungan nutrien di dalam air limbah berbanding lurus dengan tingkat perkembang-biakan biomassa alga.

Proses pembentukan biomassa mikroalga juga memanfaatkan $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ dan $\text{NH}_3\text{-N}$ sebagai sumber nitrogen dan sumber karbon (Chisti, 2007). Bahkan dalam kemampuannya memanfaatkan dan mengurangi gas rumah kaca CO_2 dapat dilakukan oleh alga baik dalam kondisi menguntungkan maupun dalam kondisi yang sangat buruk (William *et al.*, 2016). Dengan menggunakan kultur *High Rate Algae Ponds (HRAP)* mampu mengasimilasi unsur nitrogen sebesar 57% (I de Godos., *et al.*, 2016). Kandungan nutrisi ($\text{NH}_3\text{-N}$) didalam air limbah berbanding lurus dengan tingkat perkembang-biakan biomassa alga. Dengan penambahan nutrisi air limbah maka akan menghasilkan tingkat biomassa lebih tinggi dibandingkan dengan air limbah yang miskin nutrisi (Gentili, 2014). Hal itu sejalan dengan penelitian Lu *et al.* (2016) dengan penambahan amonia nitrogen pada air limbah susu menggunakan pencampuran limbah rumah tangga sehingga limbah memiliki nutrisi amonia nitrogen tinggi menghasilkan biomassa alga dengan kandungan protein dan minyak lemak lebih tinggi yaitu masing-masing (55,98-66,91%) untuk protein dan kadar minyak (19,10-20,81%). Hal ini menunjukan konsumsi alga terhadap amonia nitrogen pada air limbah.

2.4 Simbiosis Alga-Bakteri

Perpaduan antara alga dan bakteri dari lumpur aktif telah lama dipelajari tentang kemampuannya bersinergi dalam pengolahan air limbah khususnya penghapusan nutrisi (De-Basan dan Basan, 2010 dan Su *et al*, 2012). Simbiosis alga-bakteri ini memiliki hubungan yang saling menguntungkan. Hubungan ini dengan cara bakteri membantu memecahkan senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti ammonium, nitrogen, fosfat, dan karbon dioksida, sehingga dapat dimanfaatkan oleh alga (Zhang *et al.*, 2012). Sedangkan alga dapat menyediakan nutrisi bagi bakteri, seperti vitamin B₁₂ (Croft *et al.*, 2005). Bakteri juga berperan dalam peningkatan pertumbuhan alga dan akumulasi biomassa selama fase eksponensial. Hal itu juga sebaliknya alga juga memfasilitasi pertumbuhan bakteri.



Gambar 2.2 Simbiosis Alga-bakteri dalam Air (Nadine, 2007)

Simbiosis ini dapat terjadi jika konsentrasi inokulum alga awal rendah, sehingga dapat menguntungkan pertumbuhan bakteri. Tetapi jika konsentrasi alga terlalu rendah juga tidak menguntungkan bagi alga, karena ada kompetisi memanfaatkan nutrisi tertentu dan zat tertentu. Jenis bakteri yang terbawa dengan air limbah memiliki hubungan simbiosis yang baik yaitu bakteri dapat mensuplai CO₂ yang diperlukan alga dalam pertumbuhan yang cepat dan bakteri masih dapat mensuplai CO₂ walaupun sudah keadaan jenuh. Selain itu ganggang juga dapat mengambil produk metabolisme yang dirilis bakteri dan vitamin yang dikeluarkan bakteri (Xiaochen *et al.*, 2014).

Dalam penelitian yang ada, penggunaan sistem gabungan alga bakteri dapat menghapus 78% NH_4^+ dan total fosfor 92%. Jika pH dalam reaktor dikondisikan menjadi 7, penghapusan NH_4^+ dan total fosfor naik menjadi 86% dan 93% (Liang *et al.*, 2013). Adapun menurut (Su *et al.*, 2012) dengan memanfaatkan alga dan bakteri dari lumpur aktif penghapusan nitrogen dan pospor memiliki efisiensi 91% dan 93% dengan perbandingan alga bakteri yaitu 5:1. Pada tahun yang berbeda dengan menggunakan tangki fotobioreaktor yang berisi alga dan bakteri, efisiensi removal rata-rata nitrogen total dan fosfat yaitu 88,3% dan 64,8% dalam waktu 8 hari (Su *et al.*, 2011).

Kinerja penghapusan nitrogen terlarut dan fosfor dari air limbah domestik oleh konsorsium mikroalga-bakteri sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu dan intensitas cahaya matahari. Seperti suhu mempengaruhi laju pertumbuhan dan produksi biomassa mikroalga serta tingkat penghilangan amonium dan fosfat. Pada suhu 15 dan 25°C, total rata-rata nitrogen dan penghapusan fosfor berkisar antara 72 sampai masing-masing 83% dan 100%. Selain itu $33,0 \pm 0,1\%$ dari total nitrogen dihilangkan dengan stripping pada 25°C, dan $50 \pm 2\%$ berasimilasi dengan mikroorganisme dalam semua kondisi diuji (Liliana *et al.*, 2016). Pada simbiosis alga-bakteri dan sistem konvensional lumpur aktif dalam mengolah limbah cair domestik di reaktor *sequencing batch*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem simbiosis alga-bakteri lebih baik menghilangkan pada NH_4^+ -N, nitrogen total dan penghapusan sejumlah fosfor daripada sistem konvensional lumpur aktif, terutama pada kondisi laju aerasi rendah (0,2 L udara / menit), dengan efisiensi removal naik 18,90%, 12,45% dan 46,66 %, masing-masing NH_4^+ -N, nitrogen total dan fosfor (Tang *et al.*, 2016).

2.5 Penambahan CO₂ pada Alga Reactor

Dalam pengelolaan limbah secara konvensional masih ditemukan keterbatasan teknologi dan ekonomi. Seperti dalam proses aerasi menghabiskan 45-75% total biaya dalam operasi instalasi pengolahan air limbah. Dengan penambahan CO₂ maka akan dapat menghemat biaya tersebut. Dalam penambahan CO₂ kedalam air limbah dapat meningkatkan produktifitas biomassa alga-bakteri sehingga dapat meningkatkan proses penghapusan nutrisi dalam air limbah. Selain itu dengan

penambahan CO₂ dalam air limbah, CO₂ dapat mencegah proses kenaikan pH dalam air limbah. Sedangkan jika pH naik maka akan merugikan dalam proses penghapusan unsur nitrogen dan fosfor. Maka dengan diaturnya pH 7-9 dengan penambahan CO₂ proses penghapusan COD, total N, total P dan *E. Coli* menjadi 84%, 79%, 57% dan 93%. Dan kenaikan biomassa dari konteks C, N dan P adalah 64,8%, 12,6 %, dan 2,4% (Posada *et al.*, 2015)

2.6 Seeding dan Aklimatisasi

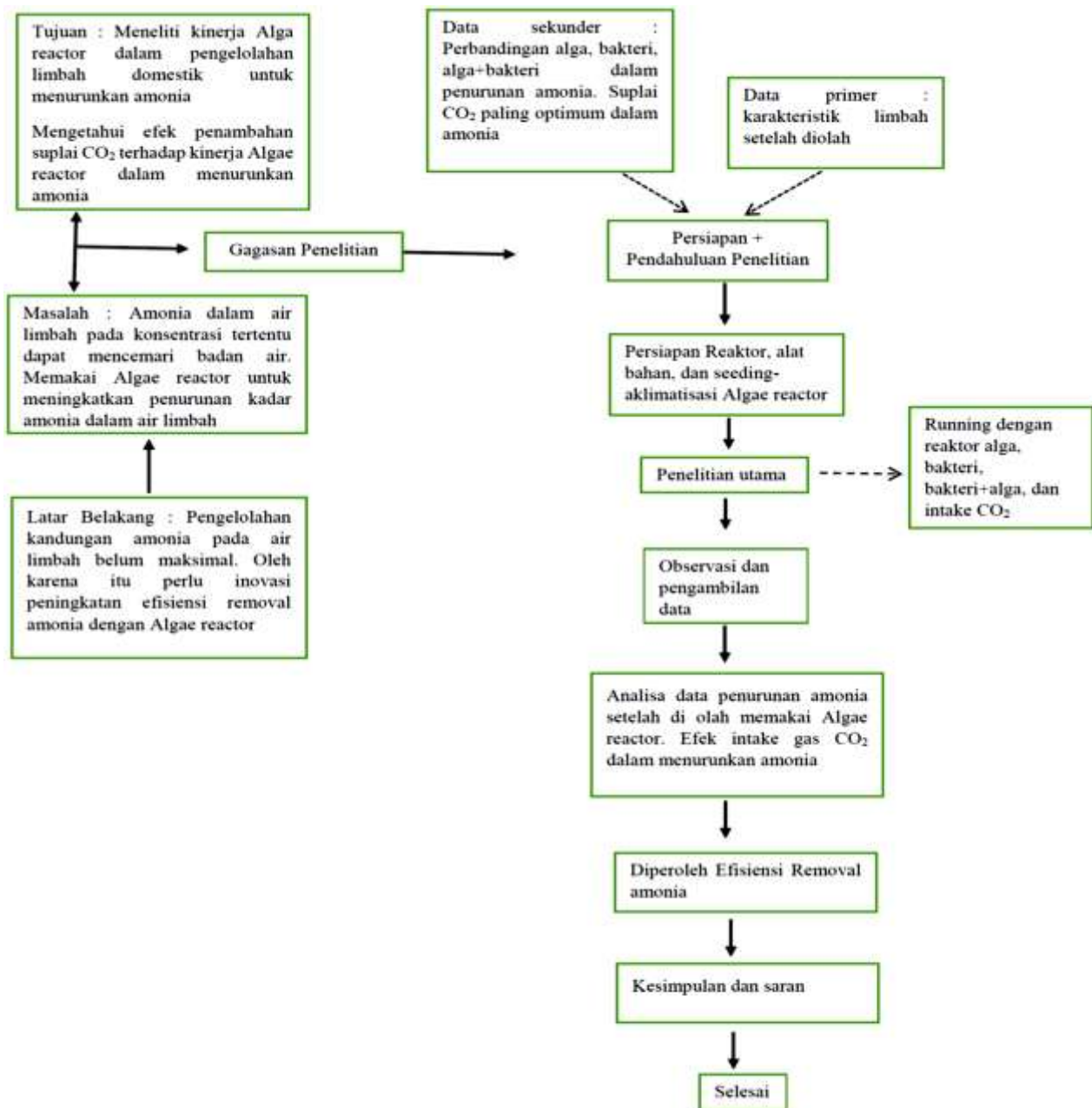
Seeding atau disebut juga suatu proses pengembangbiakan mikroorganisme yang merupakan langkah awal dari suatu penelitian reaktor biologis (Sucipto, 2012). Jika dalam proses *seeding* baik maka akan didapatkan mikroalga yang dapat diintegrasikan kedalam pengolahan air limbah dalam menghilangkan beban nutrisi. Untuk mendapatkan mikroalga yang memiliki biomassa tinggi, maka harus dilihat faktor *seeding* seperti pencahayaan dan jumlah nutrisi dan lamanya waktu *seeding*. Biomassa mikroalga akan padat jika waktu *seeding* setelah melewati hari ke tujuh (Carl *et al.*, 2014). Dalam menentukan alga siap dipakai dalam pengelolaan air limbah, alga tersebut harus memiliki konsentrasi klorofil a dari sumber sebesar 1,8 mg/L (Oktafiani dan Hemana, 2013). Sedangkan aklimatisasi adalah pengadaptasian mikroorganisme terhadap air buangan yang akan diolah (Sucipto, 2012). Dan aklimatisasi merupakan proses lanjutan dari hasil *seeding* sehingga alga beradaptasi pada lingkungannya. Dalam proses aklimatisasi dilakukan lebih dari satu minggu. Proses aklimatisasi dengan penambahan nutrisi seperti menggunakan pupuk NPK dan gula akan menghasilkan klorofil a (biomassa alga) yang optimum dengan penambahan nutrisi sebesar 30 mg/L dengan konsentrasi substrat air limbah 100 mg/L. Klorofil a ini mencapai 0,58 mg/L dengan waktu kontak 10 hari. (Oktafiani dan Hemana, 2013)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

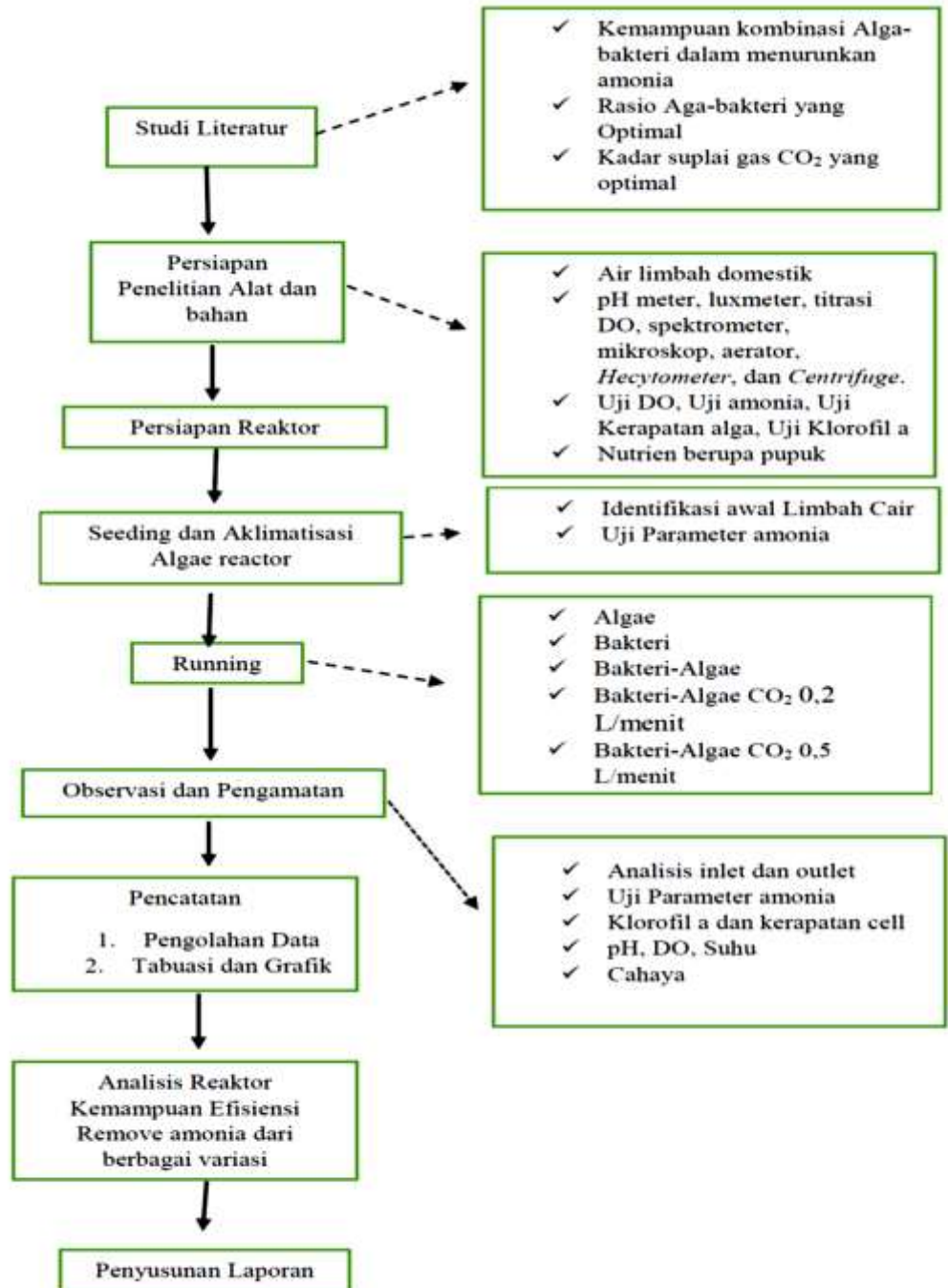
Penelitian ini dilakukan melalui tahapan penyusunan yang dirangkum dalam kerangka penelitian seperti pada **Gambar 3.1.** berikut:



Gambar 3.1 Kerangka penelitian

3.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian menunjukkan garis besar langkah yang dilakukan selama penelitian. Diagram alur penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.2** berikut:



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan skala laboratorium di Laboraturium Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) Sewon yang terletak di Jalan Bantul Kilometer 8, Kabupaten Bantul. Serta Laboratorium Bioknologi, dan Laboratorium Kualitas Air, Teknik Lingkungan Falkutas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dan Laboraturium Patologi Klinik, Pendidikan Dokter Falkutas Kedokteran, Universitas Islam Indonesia. Ketigannya terletak di Jalan Kaliurang Kilometer 14,5, Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

3.4 *Seeding* dan Aklimatisasi

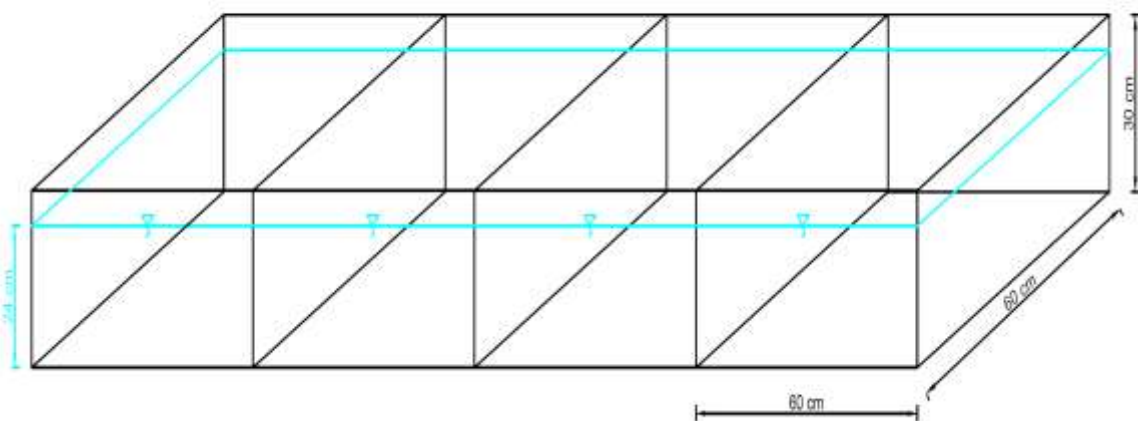
Seeding dan aklimatisasi ini dilakukan agar mendapatkan alga yang siap digunakan dalam proses running. Dalam proses *seeding* dilakukan penambahan pupuk NPK. Pupuk NPK sebagai nutrien bagi mikroalga. Penambahan pupuk NPK dengan kadar 35 mg/L setiap hari. Proses *seeding* dan aklimatisasi dilakukan selama dua minggu dengan mengamati pertumbuhan alga dengan perhitungan kerapatan sel alga. Jika sudah hijau pekat dan mencapai sel 6×10^6 sel/ml media, alga siap dikombinasikan dengan bakteri dan di running pada air limbah (Mulyanto dan Titin, 2015). Sedangkan untuk bakteri tidak dilakukan *seeding* dan aklimatisasi karena bakteri dianggap sudah beradaptasi dengan tempat hidup asalnya yaitu air limbah IPAL Sewon Bantul, Yogyakarta.

3.5 Pengumpulan Data

Pengujian yang dilakukan dalam percobaan ini adalah pengujian Amonia. Selain itu juga ditambah pengujian variabel-variabel tambahan yaitu klorofil a, intensitas cahaya (lux), suhu, DO, jumlah sel alga dan pH. Reaktor terdiri terdiri dari lima buah reaktor dengan reaktor secara berurutan berisi pengolahan bakteri, alga, kombinasi alga dan bakteri, kombinasi alga dan bakteri dengan suplai CO₂ dengan kadar 0,2 L/menit, dan kombinasi Alga dan Bakteri dengan suplai CO₂ dengan kadar 0,2 L/menit (Yuliandri *et al.*, 2013). Gas CO₂ dialirkan ke reaktor menggunakan pompa dosis melalui diffuser (Setiawan *et al.*, 2014) dengan laju 0,2 L/menit dan 0,5 L/menit pada masing masing kombinasi alga dan bakteri (Yuliandri

et al., 2013). Selanjutnya dilakukan pemompaan ke reaktor selama 10 jam per hari. Semua reaktor mendapat intensitas cahaya yang sama yaitu dari pagi sampai sore (cahaya alami). Pengujian parameter utama dan tambahan dilakukan setiap dua hari sekali selama 14 hari kecuali pH dan suhu setiap hari.

Reaktor yang digunakan memiliki desain ukuran panjang x lebar x tinggi dalam satu bak yaitu 60 cm x 60 cm x 30 cm. Dengan bahan reaktor terbuat dari kaca tembus cahaya dengan tebal 5 milimeter. Tinggi air limbah 24 cm dan reaktor ditutup dengan plastik. Diletakan diruang (Ruang Limbah B3, Sewon), terbuka (beratap) yang terkena sinar matahari langsung. Proses *running* dilakukan dari tanggal 3 April 2017 sampai 21 April 2017. Alga yang digunakan akan diidentifikasi terlebih dahulu menggunakan mikroskop Biological Binokuler CX-22 Olympus Filipina, untuk mengetahui spesiesnya. Sedangkan bakteri yang digunakan disini adalah bakteri dari air bak falkutatif pertama IPAL Sewon Bantul, Yogyakarta. Kemudian dilakukan perpaduan alga dan bakteri dengan rasio 5:1 (Su *et al.*, 2012).



Gambar 3.3 Reaktor Alga

3.6 Metode Pengambilan Contoh dan Pengawetan Sampel

Metode pengambilan contoh dan pengawetan sampel berpedoman pada **SNI 06-2412-1991 Tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air**. Selain itu juga menyesuaikan dengan parameter-parameter yang akan diambil dan diawetkan pada penelitian yang akan dilakukan.

3.7 Metode Identifikasi dan Jumlah Sel Alga

Identifikasi alga dilakukan dengan metode *Hemocytometer Neubauer improved merk Marienfield* dengan mengambil 1 mL air alga dipipet tetes. Memipet sampel ke alat *Hemocytometer* kemudian diamati dibawah mikroskop dengan pembesaran 10 kali dan dilakukan perhitungan. Sedangkan identifikasi alga dengan pengamatan pembesaran 100 kali lalu dibandingkan dengan literatur.

$$\text{Jumlah sel (sel/ml)} = \frac{\text{Jumlah sel perkotak} \times \text{Faktor pengenceran}}{\text{Volume kotak}} \dots\dots\dots(3.1)$$

3.8 Metode Pengujian Amonia

Pengujian amonia mengacu pada SNI 06-6989.30-2005 tentang pengujian amonia pada air limbah dengan spektrofotometer secara fenat. Kadar amonia dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar amonia (mg N/L)} = C \times fp \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

C : Kadar yang didapat dari hasil pengukuran

Fp : Faktor pengenceran

3.9 Metode Pengujian Klorofil a

Pengujian klorofil a mengacu pada SNI 06-4157-1996 tentang pengujian kadar klorofil a fitoplankton dalam air dengan spektrofotometer.

3.9.1 Perhitungan Klorofil a

Setelah didapatkan hasil absorbansi, rumus untuk menghitung kadar klorofil a fitoplankton adalah sebagai berikut :

$$\text{Klorofil a} = ((26,7 (A-B) \times Ve)) / (Vs \times L) \text{ mg/m}^3 \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

- Angka 26,7 = Konstanta (koreksi) serapan masuk
 A = Selisih kerapatan optik sebelum pengasaman
 B = Selisih kerapatan optik setelah pengasaman
 Vs = Volume benda uji (l)
 Vs = Volume contoh uji (m³)
 L = Bagian transparan atau lebar kuvet (cm)

3.10 Metode Pengujian Parameter Kualitas Air

Pengujian parameter kualitas air yang lain dalam penelitian ini diringkas dalam **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Alat dan Pengujian Kualitas Air

No	Parameter	Alat Yang Digunakan	Unit
1	pH	pH meter	-
2	DO	Titrasi	mg/l
3	Suhu	Termometer	°C
4	Intesitas Cahaya	Luxmeter	lux

3.12 Analisa Data

Data dicatat secara sistematis mulai dari data penelitian pendahuluan, hingga data pelaksanaan penelitian. Data yang diperoleh dari hasil analisa laboratorium dan parameter-parameter uji dikelompokkan secara *time series* yang terjadi. Kinetika penurunan amonia dengan uji korelasi untuk mengetahui hubungan data yang didapatkan dari variabel dengan parameter-parameter uji. Selain itu dapat pula diketahui pola hubungan dari kondisi reaktor yang telah dikondisikan.

Dalam analisis korelasi yang dicari adalah koefesien korelasi yaitu angka yang menyatakan derajat hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen atau untuk mengetahui kuat atau lemahnya hubungan antara variabel independen dan variabel dependen. Adapun rumus yang digunakan menurut Sugiyono (2012) adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}} \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan :

r = Koefisien korelasi

n = Banyaknya pasangan data X dan Y

ΣX = Total Jumlah variabel X

ΣY = Total Jumlah variabel Y

ΣX^2 = Kuadrat dari total jumlah variabel X

ΣXY = Hasil perkalian dari total jumlah variabel X dan variabel Y

Hasil Perhitungan akan memberikan tiga alternatif, yaitu:

- Apabila nilai r mendekati positif (+) satu variabel berarti variabel X mempunyai hubungan yang kuat dengan positif terhadap variabel Y.
- Apabila nilai r mendekati negatif (-) berarti variabel X mempunyai pengaruh yang kuat dan negatif terhadap perkembangan variabel Y.
- Apabila nilai r mendekati nol (0) maka variabel X kurang mempengaruhi terhadap perkembangan variabel Y, hal ini berarti bahwa bertambahnya atau berkurangnya variabel Y tidak mempengaruhi variabel X.

Menurut Sugiyono (2012) untuk dapat memberikan penafsiran besar kecilnya koefisien korelasi, dapat berpedoman pada ketentuan **Tabel 3.2** berikut ini:

Tabel 3.2 Pedoman Interpretasi terhadap Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00-0,199	Sangat Rendah
0,20-0,399	Rendah
0,40-0,599	Sedang
0,60-0,799	Kuat
0,80-0,10	Sangat Kuat

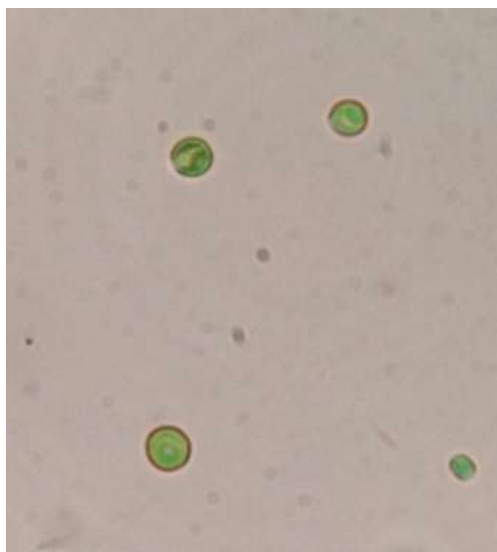
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Identifikasi Alga

Alga yang digunakan pada penelitian ini adalah alga bersumber dari kolam falkutatif IPLT (Instalansi Pengelolaan Limbah Tinja) Sewon, Bantul, Yogyakarta. Pemilihan tersebut dikarenakan alga yang bersumber pada kolam dianggap telah memiliki kemampuan dalam mengolah kandungan-kandungan zat organik dan nutrisi yang terdapat pada air limbah. Selain itu alga tersebut telah beradaptasi terhadap limbah air tinja.

Berdasarkan identifikasi morfologi sel alga secara mikroskopik ditemukan alga dengan ciri-ciri morfologi memiliki dinding sel tipis seperti bola, dengan diameter sel diantara 2 μm sampai 10 μm . Pada intinya berwarna hijau yang menunjukkan kandungan parietal tunggal kloroplas yang hampir mengisi seluruh sel (hal ini menunjukkan klasifikasi ganggang hijau). Memiliki pigmen klorofil-a dan ditemukan ditempat air yang kaya akan nutrisi. Setelah diidentifikasi menggunakan buku identifikasi alga, ciri morfologi sel yang ditemukan merupakan ciri umum dari *Chlorella* sp. (Bellinger dan David, 2010)



Gambar 4.1 Hasil pengamatan alga dengan mikroskop pembesaran 100x

4.2 *Mixing* pada Alga Reaktor

Proses *mixing* atau pencampuran dilakukan agar terjadi pencampuran antara alga dan air limbah. Proses pencampuran akan membuat air limbah terus bersikulasi atau berpindah tempat sehingga meminimalisir zona-zona mati yaitu kondisi anaerobik. Dalam alga reaktor proses *mixing* perlu dilakukan agar sel alga selalu berkontak dengan cahaya, selain itu juga membantu tranfers CO₂ dan melepaskan O₂. Dalam hal memanfaatkan nutrisi dengan proses *mixing* sel alga akan meningkatkan kontak dengan zat-zat nutrisi sehingga meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi (Su, 2012).

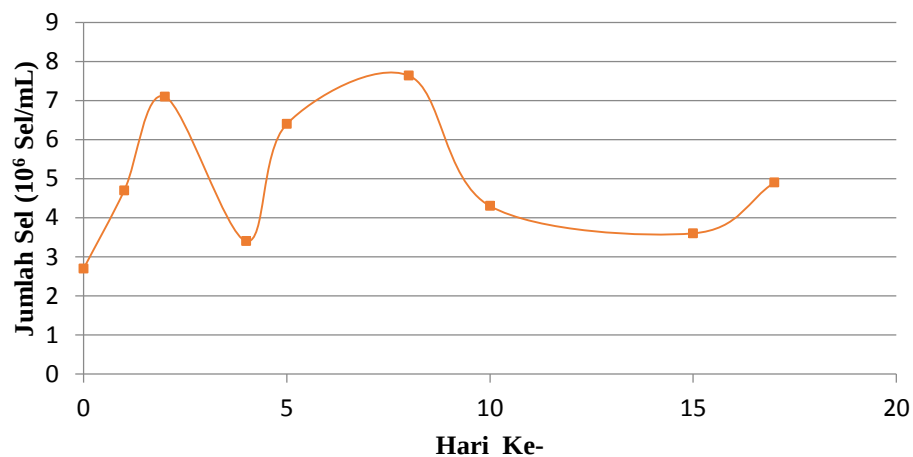


Gambar 4.2 Proses *mixing* pada alga reaktor

Dalam penelitian proses *mixing* dilakukan dengan pompa HL-881 dengan debit maksimal 1000 liter/jam dengan tinggi maksimal 1 meter. Terlihat pada pengamatan proses *mixing* masih terdapat zona mati pada silang merah atau zona sedimentasi (Liliana *et al.*, 2016). Pada silang merah air tidak ikut memutar dan terjadi endapan pada tanda tersebut. Hal ini terjadi karena debit pompa tidak mencukupi untuk memproses pencampuran pada bak alga reaktor. Sehingga masih terdapat 3 titik zona mati yang akan membentuk endapan alga. Dengan proses *mixing* ini berarti telah meminimalisir zona-zona mati sehingga alga reaktor bukan proses anaerobik.

4.3 Seeding dan Aklimatisasi

Proses *seeding* mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan dengan mengambil bibit mikroalga dan dikultur pada kolam. Proses seeding dilakukan selama dua minggu sehingga mendapatkan kolam kultur berwarna hijau pekat. Setelah didapatkan kultur yang hijau pekat, sel alga perlu disegarkan dengan memindahkan 1 liter alga dari bak pembibitan ke kultur baru sebanyak 2,5 liter. Proses dilakukan sehingga mendapatkan 6×10^6 sel/mL alga (Mulyanto dan Titin, 2015). Pada seeding ini didapatkan $7,97 \times 10^6$ sel/ml alga pada hari ke empat Setelah mendapatkan sel 10^6 sel/mL kultur dilanjutkan dengan proses aklimatisasi dengan memindahkan mikroalga 0,27 liter kedalam 1 liter. Kultur ini telah di tambahkan pupuk NPK 35 mg/L sebagai nutrisi yang dilakukan setiap 2 hari sekali (Mulyanto dan Titin, 2015).



Gambar 4.3 Pertumbuhan *Chlorella* sp. pada aklimatisasi

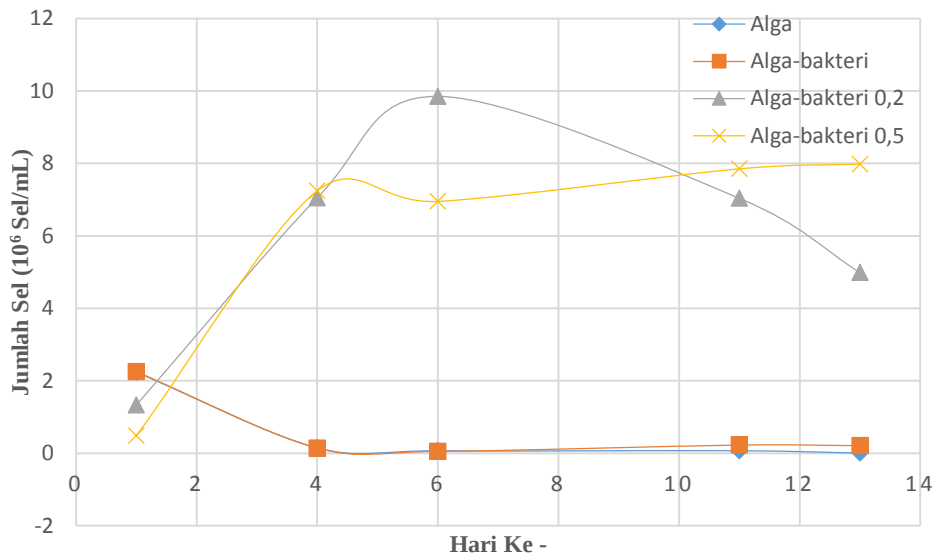
Dalam proses aklimatisasi terlihat alga pada hari ke-0 menunjukkan kerapatan selnya adalah $2,7 \times 10^6$ sel/mL hal tersebut terus meningkat sampai hari kedua $7,1 \times 10^6$ sel/mL. Hal ini menunjukkan pada pemindahan alga pada kolam kultur sebelumnya adalah fase logaritmik (eksponensial) pertumbuhan alga. Berdasarkan **Gambar 4.3** fase pertumbuhan alga *Chlorella* sp. pada kultur berturut-turut adalah proses fase beradaptasi selama 3 hari (hari ke nol sampai ke dua), fase eksponensial 3 hari (hari ke lima sampai ke delapan) (Kodama dan Fujhisima, 2015), dan fase

kematian 8 hari (hari ke sembilan sampai ke lima belas), dan kemudian naik lagi pada hari ke tujuh belas. Hal ini sesuai laporan Purnawati *et al* (2013), menyatakan fase adaptasi pertumbuhan *Chlorella* sp. pada medium baru yaitu 3 hari.

4.4 Analisis Sel *Chlorella* sp.

Pengukuran jumlah sel (kerapatan sel) *Chlorella* sp. dilakukan dari hari ke satu sampai hari ke tiga belas. Mikroalga yang dipakai berasal dari bak aklimatisasi yang berumur empat hari yaitu dengan jumlah sel $3,4 \times 10^6$ sel/mL. Pemakaian alga pada fase ekponensial dilakukan agar menghasilkan biakan yang baik dan proses adaptasi alga terhadap medium baru lebih cepat (Anggriary, 2012).

Analisis pertumbuhan *Chlorella* sp. menunjukkan perbedaan kerapatan (jumlah) sel *Chlorella* sp. yang ditubuhkan pada medium yang berbeda-beda. Pada **Gambar 4.4** terlihat umumnya untuk reaktor yang disuplai dengan gas CO₂ terjadi kenaikan jumlah sel mikroalga. Beda dengan reaktor tanpa suplai CO₂ yang pada umumnya pada grafik terlihat mengalami penurunan jumlah sel. Reaktor dengan laju suplai CO₂ 0,2 L/menit menghasilkan kerapatan alga lebih cepat. Dapat dilihat pada Tabel 4.1 menunjukkan pada hari ke enam kerapatan alga telah mencapai $9,85 \times 10^6$ sel/mL. Pernyataan ini menunjukkan bahwa gas CO₂ diperlukan mikroalga untuk proses fotosintesis sehingga menghasilkan sel yang banyak. Karena CO₂ merupakan komponen yang sangat berpengaruh dalam pertumbuhan dan metabolisme mikroalga. Gas CO₂ berperan sebagai unsur karbon yang diperlukan mikroalga untuk proses fotosintesis (Hoshida *et al.*, 2005).



Gambar 4.4 Jumlah sel *Chlorella* sp. pada berbagai reaktor saat *running*

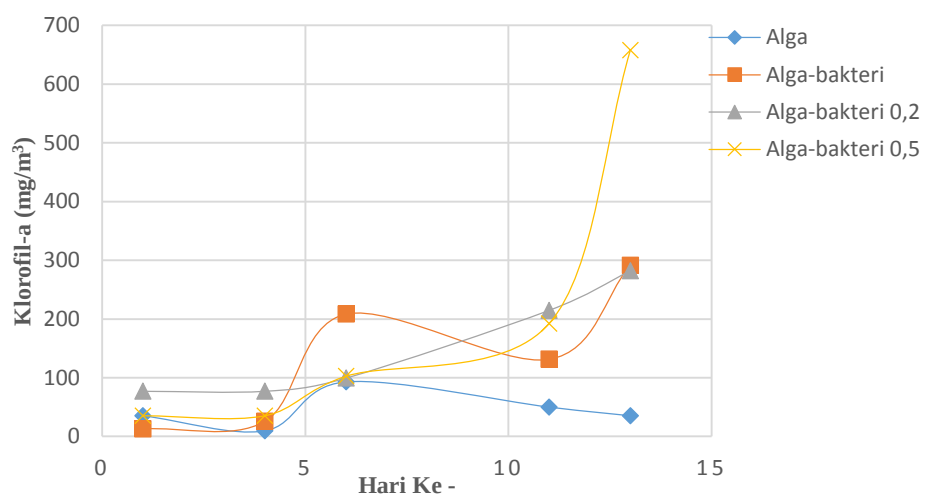
Pada penyuplaian gas CO₂ dengan laju alir 0,5 L/menit, jumlah sel turun pada hari ke enam dan naik lagi pada hari ke sebelas hingga pertambahan sel stabil sampai hari terakhir. Hal ini berbeda dengan reaktor dengan suplai 0,2 L/menit walaupun cepat menghasilkan jumlah sel dengan cepat, akan tetapi cepat juga mengalami penurunan sel dengan cepat. Hal ini sejalan dengan yang dilaporkan Yuliandri *et al.*, (2013) yaitu dengan penggunaan laju suplai 0,5 L/menit menghasilkan biomassa lebih besar dari laju air CO₂ 0,2 L/menit selama 14 hari.

Pertumbuhan sel paling lambat adalah reaktor alga yang mengalami penurunan hingga akhir pemantauan. Sel alga tidak dapat berkembang karena tidak ada komponen-komponen yang membantu untuk pertumbuhan dan perkembangan sel alga seperti CO₂ dan bakteri yang dapat membantu memecahkan senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti ammonium, nitrogen, fosfat, dan karbon dioksida, sehingga dapat dimanfaatkan oleh alga (Zhang *et al.*, 2012).

4.5 Analisis Klorofil-a

Mikroalga *Chlorella* sp. merupakan salah satu fitoplakton dalam perairan yang memiliki kandungan klorofil-a. Klorofil-a merupakan pigmen yang berperan dalam proses fotosintesis mikroalga. Sehingga klorofil-a selalu dikaitkan dengan jumlah

fitoplakton atau indikator biomassa mikroalga dalam perairan (Sihombing *et al.*, 2013 dan Liang *et al.* 2013). Hasil pengukuran rerata kandungan klorofil-a pada hari pertama menunjukkan peningkatan sampai hari ke tiga belas pada reaktor dengan suplai CO₂. Hingga pada hari ke tiga belas klorofil-a pada reaktor suplai gas CO₂ 0,5 L/menit mencapai 657,78 mg/m³. Sesuai laporan Agus *et al.*, (2011), menyatakan peningkatan maksimal kadar klorofil-a terdapat pada medium yang tersuplai gas CO₂ pada mikroalga *Staurastrum* sp. yang mencapai 10,70 mg/L pada hari ke empat belas.



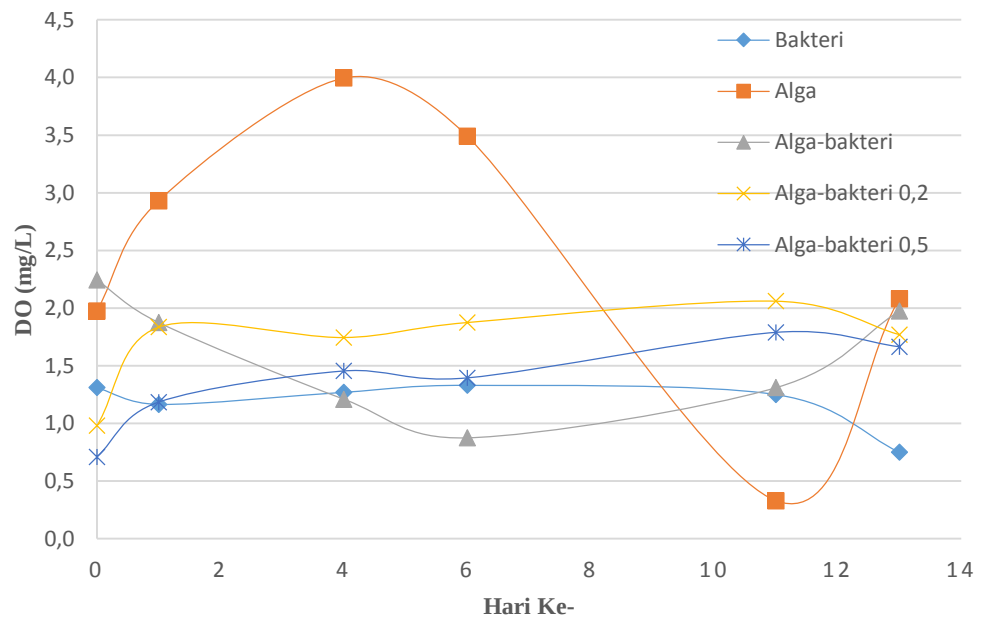
Gambar 4.5 Rerata kandungan Klorofil a berbagai reaktor saat *running*

Begitu pula dengan suplai CO₂ 0,2 L/menit maupun alga-bakteri tanpa suplai mengalami kenaikan terus hingga hari ketiga belas. Sedangkan untuk reaktor alga menunjukkan penurunan hingga hari terakhir. Pengolahan dengan kombinasi simbiosis alga-bakteri dapat meningkatkan biomassa alga dari segi klorofil-a (**Gambar 4.5**). Sesuai pendapat Xiaochen *et al.*, (2014), bakteri juga berperan dalam peningkatan pertumbuhan alga dan akumulasi biomassa selama fase eksponensial.

4.6 Analisis Parameter Kualitas Air

4.6.1 DO (*Dissolved Oxygen*)

Perubahan konsentrasi oksigen terlarut (DO) dipantau untuk melihat pengaruhnya dalam proses pengolahan air limbah. Terutama dalam proses pengolahan ini mikroalga adalah makhluk hidup autotrof yang berfotosintesis dan menghasilkan O_2 . Sedangkan bakteri memerlukan O_2 dalam proses memecahkan zat organik. Maka akan terjadi hubungan timbal balik dalam proses pemanfaatan oksigen (O_2). Hasil pengamatan sampai hari akhir menunjukan pada reaktor alga secara umum mengalami kenaikan oksigen terlarut.



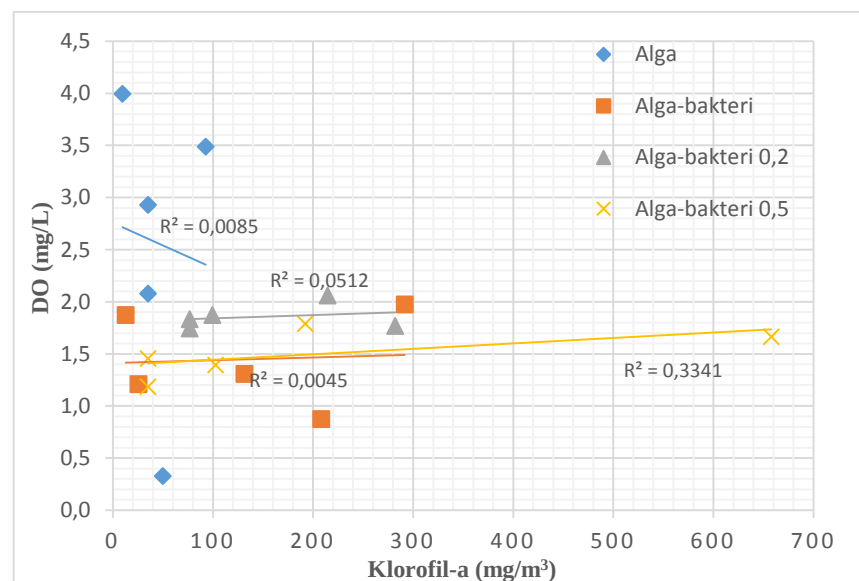
Gambar 4.6 Kadar Oksigen Terlarut (DO) berbagai reaktor saat *running*

Pada semua reaktor pengolahan terlihat stabil hingga hari ke tiga belas. Oksigen terlarut (DO) maksimal pada pengolahan ini adalah pada reaktor alga yaitu 2,08 mg/L. Hal ini membuktikan bahwa oksigen hasil fotosintesis alga dimanfaatkan oleh bakteri (Su *et al.*, 2011). Penggunaan oksigen ini juga membuktikan terjadi reaksi oksidasi dan penggunaan oksigen untuk proses denitrifikasi NO_3 pada zona mati (sedimen) (Wallace *et al.*, 2016). Pada reaktor alga kadar DO cenderung fluktuatif, hal ini sejalan dengan fluktuatif kandungan

klorofil pada reaktor alga. Berdasarkan **Gambar 4.5** pada hari keenam klorofil-a tinggi, kandungan DO juga tinggi pada hari keenam yang mencapai 4 mg/L. Kandungan DO tinggi ini disebabkan karena kurangnya pemanfaatan O_2 oleh bakteri. Berbeda dengan reaktor lainnya yang ada menggunakan kombinasi alga-bakteri yang memiliki kecenderungan kadar oksigen stabil hingga hari terakhir. Pada reaktor bakteri nilai DO menunjukkan penurunan, hal ini menggambarkan oksigen yang ada telah digunakan bakteri untuk proses oksidasi karbon seperti heterotrofik dan nitrifikasi (Su *et al.*, 2012).

4.6.1.1 Korelasi Klorofil-a dengan Kadar Oksigen Terlarut (DO)

Semakin bertambah nilai klorofil-a semakin bertambah nilai oksigen terlarut karena proses fotosintesis (Su *et al.*, 2012). Karena proses fotosintesis menyerap gas karbondioksida dan menghasilkan oksigen.



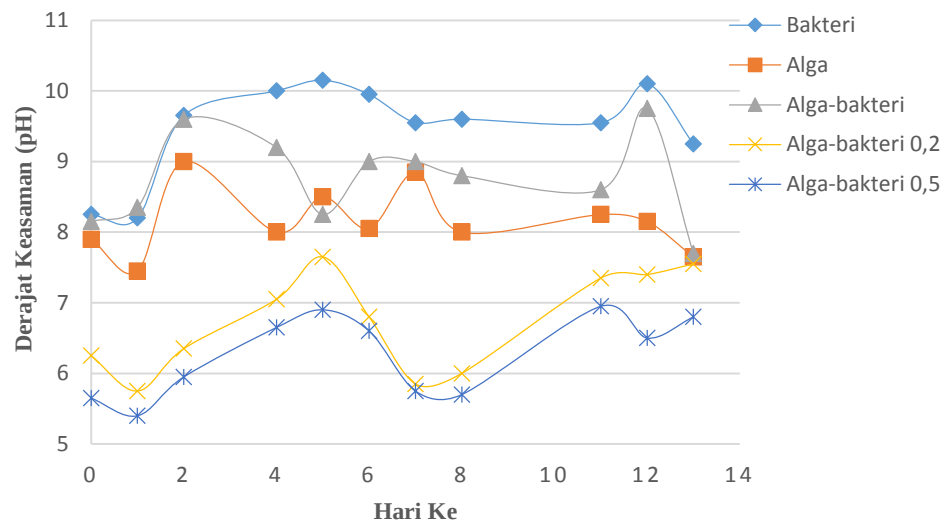
Gambar 4.7 Korelasi Klorofil-a dengan Oksigen Terlarut (DO) saat *running*

Korelasi antara nilai klorofil-a terhadap kandungan nilai oksigen terlarut (DO) memiliki nilai korelasi kecil yaitu dibawah nilai korelasi 0,5. Nilai ini menunjukkan tidak adanya hubungan antara bertambahnya klorofil-

a dengan bertambahnya nilai DO yang signifikan. Sesuai yang dilaporkan Wallace *et al.*, (2016), korelasi antara DO dengan klorofil-a lemah atau tidak berkorelasi (mencapai nilai korelasi 0,08) selama musim panas atau gugur untuk konsentrasi DO dibawah 10 mg/L. Pada **Gambar 4.7** menunjukkan nilai DO cenderung stabil. Karena proses fotosintesis oleh mikroalga, hasil oksigen telah dipakai oleh bakteri dalam proses nitrifikasi maupun dekomposisi (Su, *et al.*, 2011 dan Wallace *et al.*, 2016). Oleh karena itu produk O₂ cenderung stabil walaupun terjadi kenaikan klorofil-a.

4.6.2 Derajat Keasaman (pH)

Suplai CO₂ dalam air limbah menyebabkan pergeseran pH dari 8,2 (sebelum suplai CO₂) menjadi dibawah 6,5 pada setiap reaktor suplai CO₂ hari ke nol, karena dalam air limbah terjadi reaksi pembentukan asam bikarbonat (H₂CO₃) oleh reaksi CO₂ dengan air pada reaktor (Hoshida *et al.*, 2005 dan Setiawan *et al.*, 2014). Penurunan pH tidak memiliki rentang jauh, hal ini disebabkan karena pada air limbah kualitas alkalinitasnya adalah 120 mg/L yang merupakan kategori kualitas alkalinitas sedang (PP no. 18 tahun 2001), yang mengakibatkan pH air limbah akan stabil, karena dengan alkalinitas tersebut dapat menetralkan asam yang masuk pada air (Limbong, 2008 dan US EPA, 2017)



Gambar 4.8 Derajat Keasaman tiap-tiap reaktor saat *running*

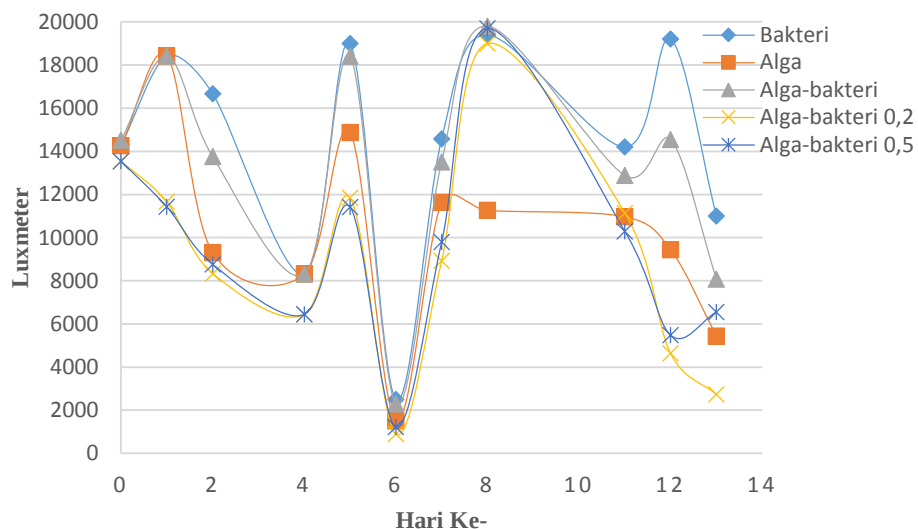
Berbeda dengan reaktor tanpa suplai CO_2 pH terus mengalami fluktuatif kenaikan hingga mencapai ≥ 9 . Bahkan pada hari terakhir pada bak bakteri pH masih sekitar 9. Fluktuatif pH terjadi karena proses fotosintesis. Proses fotosintesis mengakibatkan kenaikan pH didalam air (Su *et al*, 2011). Hingga didapat rata-rata rata pH di reaktor air limbah tanpa suplai CO_2 adalah diantara 7 sampai 10. Sedangkan air limbah suplai gas CO_2 berada diantara rentang 6 sampai 7, membuktikan tidak terjadi perubahan yang signifikan karena penambahan gas CO_2 , karena ketika pH naik saat proses fotosintesis, nilai pH akan dijaga dengan reaksi pembentukan asam bikarbonat (H_2CO_3) oleh reaksi CO_2 dengan air pada reaktor. Sesuai laporan Posadas *et al.*, (2015), bahwa dengan suplai CO_2 , pH didalam air limbah dapat dikontrol sehingga pH tidak naik.

Dalam hubungannya dengan pertumbuhan *Chlorella* sp. pH 6 – 7 pada reaktor CO_2 merupakan rentang pH yang baik bagi *Chlorella* sp.. Sedangkan pada reaktor tanpa suplai CO_2 rentang pH 7-10 kurang baik bagi *Chlorella* sp. Sehingga menyebabkan pertumbuhannya kurang optimum. Prihantini *et al.*, (2005), menyatakan pH yang cocok untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. adalah 5-9, dengan pH optimum adalah 7. Sedangkan pada reaktor tanpa suplai CO_2

pH mencapai diatas 9, hal ini menghambat pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. Pernyataan tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.4** menyatakan jumlah sel melimpah pada reaktor dengan suplai CO₂. Derajat keasaman (pH) mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Selain itu, pH tidak hanya mempengaruhi pertumbuhan mikroalga tetapi juga memodifikasi CO₂/ H₂CO₃⁻ /CO₂⁻, NH₃/NH₄⁺, keseimbangan dan ketersediaan fosfor dan logam berat yang mempengaruhi dalam proses pemanfaatan nitrogen dan fosfor (Su, 2012).

4.6.3 Intesitas Cahaya

Intesitas cahaya diukur karena merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Sinar matahari (cahaya) dimanfaatkan oleh mikroalga sebagai sumber energi untuk mengoksidasi CO₂ dan H₂O, dalam proses fotosintesis (Su, 2012). Pengambilan parameter intesitas cahaya dilakukan seperti pengambilan sampel lain yaitu pada pukul 09.00 WIB. Hasil pengamatan dapat dilihat pada **Gambar 4.9**:



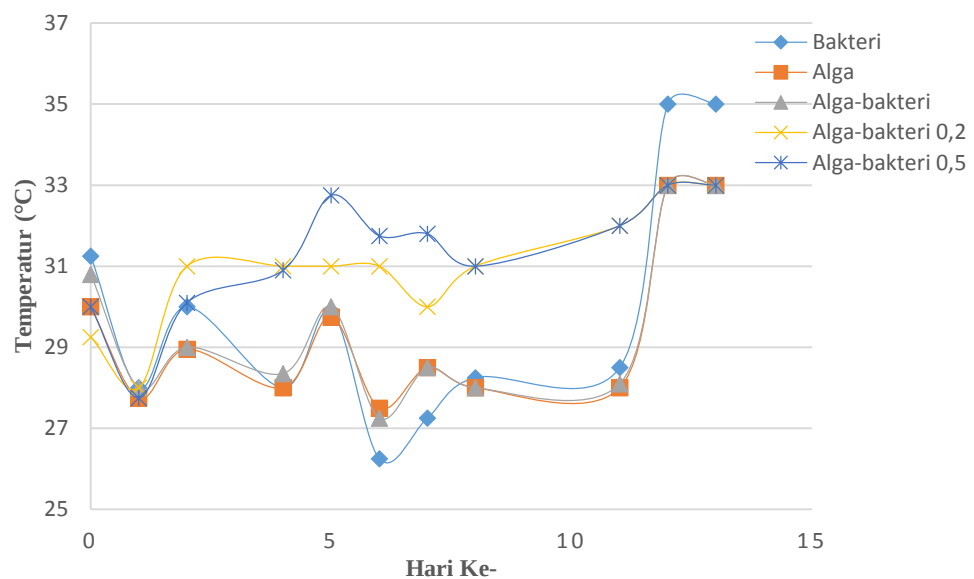
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Intesitas Cahaya saat *running*

Dari grafik menunjukan hasil pengukuran yang berbeda-beda setiap hari. Perbedaan ini disebabkan karena mengikuti kondisi alami lingkungan tempat pengambilan data. Waktu pengambilan data dilakukan pada bulan April, waktu tersebut merupakan musim hujan. Hasil menunjukan rentang intesitas cahaya

adalah 887 hingga 19800 lux. **Gambar 4.9** menunjukkan pada hari ke enam intensitas cahaya hanya mencapai 887 luxmeter, ini terjadi karena pada saat itu terjadi hujan. Kejadian tersebut membuat temperatur dan pH (**Gambar 4.8** dan **Gambar 4.10**) pada hari ke enam cenderung turun, kecuali dengan perlakuan CO₂. Hal ini menunjukkan intensitas cahaya belum pada pertumbuhan *Chlorella* maksimum pada intensitas cahaya 10800 - 50000 lux (Mulyanto *et al*, 2015 dan Su, 2012).

4.6.4 Temperatur

Suhu diantara 20°C hingga 30°C akan meningkatkan efisiensi pengolahan air limbah menggunakan perpaduan mikroalga dan bakteri (Su, 2012). Pada **Gambar 4.9** menunjukkan 27°C–35°C sehingga sebenarnya mikroalga masih dalam kisaran suhu berfotosintesis yang baik, namun ada kalanya proses pengolahan kurang maksimal karena ada suhu melebihi 30°C.



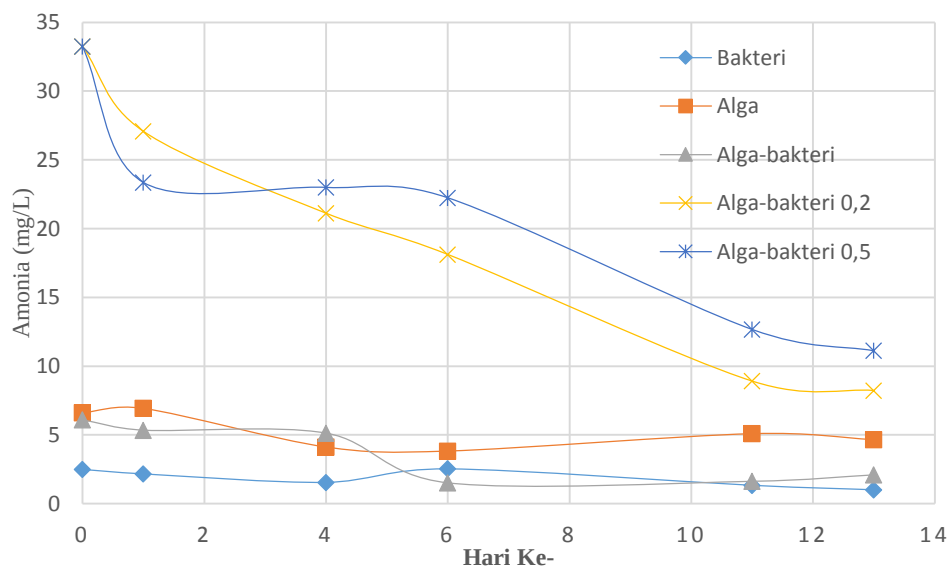
Gambar 4.10 Temperatur air didalam reaktor saat *running*

Pada grafik menunjukkan temperatur selalu berubah-ubah, kondisi ini disebabkan karena berubahnya paparan sinar matahari ke reaktor. Perubahan paparan sinar matahari disebabkan oleh faktor cuaca saat proses pengambilan data dilakukan. Namun berbeda dengan perlakuan menggunakan CO₂ mulai hari ke tiga, temperatur berada pada kisaran 30°C -33°C. Hal ini disebabkan

gas CO₂ menyerap radiasi sinar matahari sehingga mempertahankan suhu pada reaktor (Posadas *et al.*, 2015). Temperatur merupakan hal penting dalam menggambarkan nutrien (amonia) dan kemampuan mikroalga dalam mengolahnya. Karena faktor suhu salah satu menentukan distribusi amonium dan amonia dalam air (Viljoen, 2001). Selain itu temperatur ini mempengaruhi proses-proses fisika, kimia dan biologi (mineralisasi dan imobilisasi) yang terjadi dalam sel mikroalga. Peningkatan suhu akan merangsang aktifitas molekul, laju difusi dan laju fotosintesis (Purnawati *et al.*, 2013)

4.7 Analisis Amonia

Amonia dalam air limbah dijadikan nutrisi oleh mikroalga sebagai sumber nitrogen. Amonia didalam air ini diserap secara metabolisme oleh mikroalga untuk membantunnya dalam pembentukan biomassa (Shi *et al.*, 2007). Dalam air amonia memiliki distribusi dalam bentuk NH₃ atau NH₄⁺ sebesar 60% (Crites *et al.*, 2006). Amonia dalam reaktor memiliki variasi konsentrasi pada hari ke nol. Hal ini mungkin disebabkan pencemaran kadar amonia dari bibit alga dan bak aklimatasi alga yang digunakan pada saat *running*. Karena pada bak aklimatasi pada saat *running* memiliki konsetrasi 135,83 mg/L.



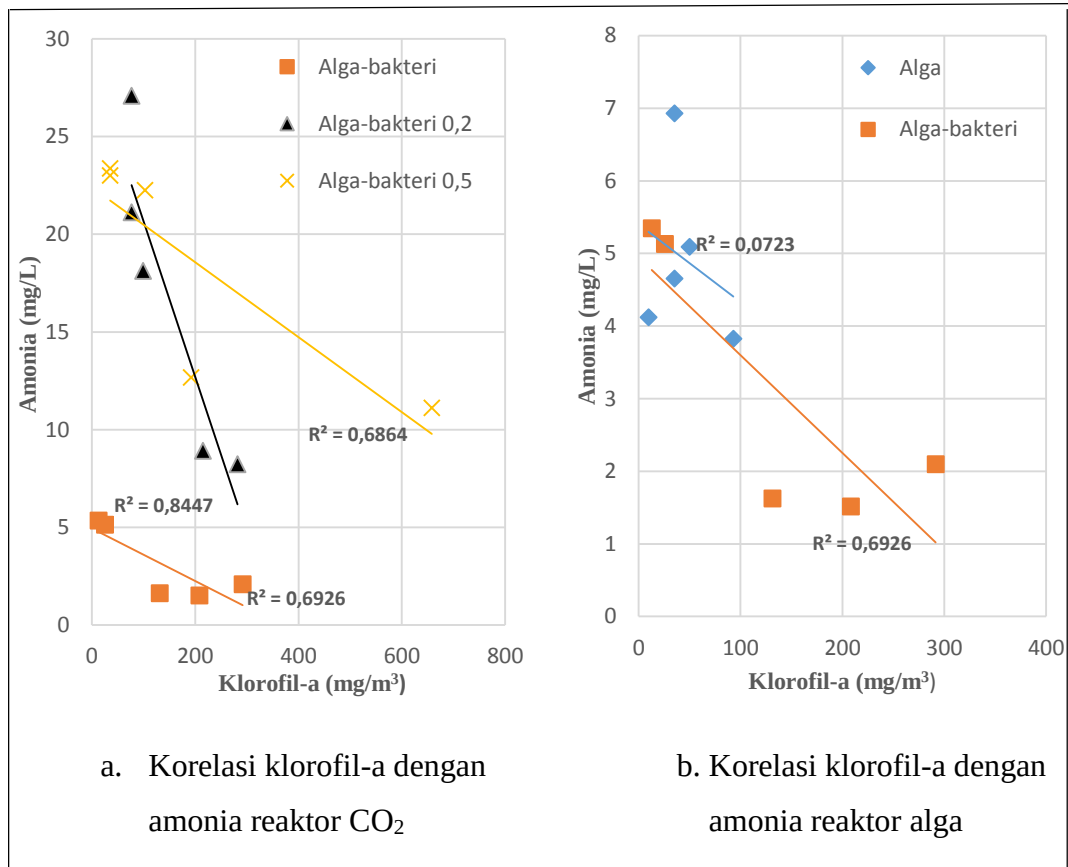
Gambar 4.11 Penurunan amonia dalam berbagai reaktor saat *running*

Kadar amonia dalam air limbah dengan melakukan pengolahan mikroalga maupun tanpa mikroalga terjadi penurunan dari setiap reaktor. Pada **Gambar 4.11** terlihat penurunan yang cukup signifikan terjadi pada reaktor dengan suplai CO₂, penurunan terbesar pada reaktor alga-bakteri dengan suplai gas CO₂ 0,2 L/menit. Nilai penurunan dari 33,25 mg/L menjadi 8,23 mg/L pada hari ke tiga belas. Sedangkan pada reaktor tanpa suplai CO₂ penurunan tidak terlalu signifikan, hal ini disebabkan pertumbuhan mikroalga yang kurang baik pada reaktor tanpa CO₂. Karena CO₂ merupakan komponen yang sangat berpengaruh dalam pertumbuhan dan metabolisme mikroalga. Gas CO₂ berperan sebagai unsur karbon yang diperlukan mikroalga untuk proses fotosintesis (Hoshida *et al.*, 2005).

Reaktor bakteri sebagai kontrol juga menunjukkan penurunan amonia. Hal tersebut dikemungkinan terjadi proses nitrifikasi oleh bakteri. Penurunan juga dimungkinkan karena proses pembentukan NH₃ dan lepas ke atmosfer (Shi *et al.*, 2007). Terlihat pada suhu dan pH reaktor bakteri mencapai 35°C dan 10,15 ini menunjukkan distribusi amonia di air kurang lebih 80% adalah NH₃ yang sifatnya mudah menguap.

4.7.1 Korelasi Amonia terhadap Klorofil a

Penurunan amonia tergantung pada seberapa banyaknya mikroalga dan fotosintesis yang dilakukan. Sedangkan klorofil a merupakan pigmen yang berperan dalam proses fotosintesis mikroalga. Sehingga klorofil a selalu dikaitkan dengan jumlah fitoplakton atau indikator biomassa mikroalga dalam perairan (Sihombing *et al.*, 2013 dan Liang *et al.*, 2013). Oleh karena itu, klorofil-a sebagai indikasi dari kedua hal yang dikorelasikan dengan penurunan amonia.



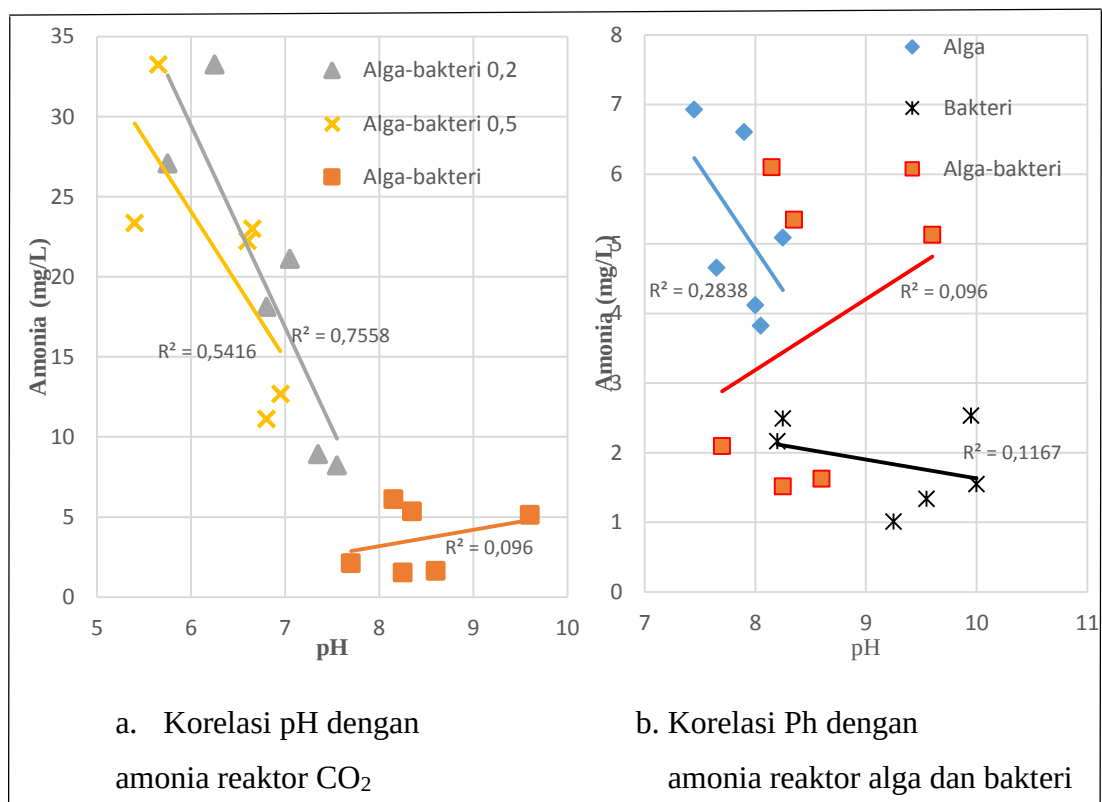
Gambar 4.12 Korelasi Klorofil a dengan Amonia

Pada **Gambar 4.12** menunjukkan perbedaan yang signifikan antara pengolahan yang menggunakan kombinasi alga-bakteri dengan alga. Nilai korelasi dengan alga-bakteri memiliki nilai korelasi diatas 0,5 sehingga menunjukkan bahwa terdapat hubungan antar klorofil-a dan amonia. Sedangkan untuk pengolahan alga saja dibawah 0,5, yang tidak menunjukkan hubungan. Hal ini menunjukkan pengolahan dengan kombinasi alga-bakteri meningkatkan penghapusan amonia. Hubungan ini dengan cara bakteri membantu memecahkan senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti ammonium, nitrogen, fosfat, dan karbon dioksida, sehingga dapat dimanfaatkan oleh alga (Zhang *et al.*, 2012). Sedangkan alga dapat menyediakan nutrisi bagi bakteri, seperti vitamin B₁₂ (Croft *et al.*, 2005). Bakteri juga berperan dalam peningkatan pertumbuhan alga dan akumulasi biomassa selama fase eksponensial. Pada perlakuan suplai CO₂ 0,2 L/menit dapat meningkatkan nilai korelasi hingga 0,8447, karena dengan penambahan

CO₂ dapat meningkatkan proses fotosintesis mikroalga. Karbon dioksida dimanfaatkan mikroalga sebagai karbon, sehingga meningkatkan penyisihan amonia yang dimanfaatkan mikroalga sebagai nutrisi.

4.7.2 Korelasi Amonia terhadap Derajat Keasaman

Penurunan amonia juga dipengaruhi oleh keadaan pH dalam air limbah, hal ini berkaitan dengan distribusi amonia didalam air limbah.



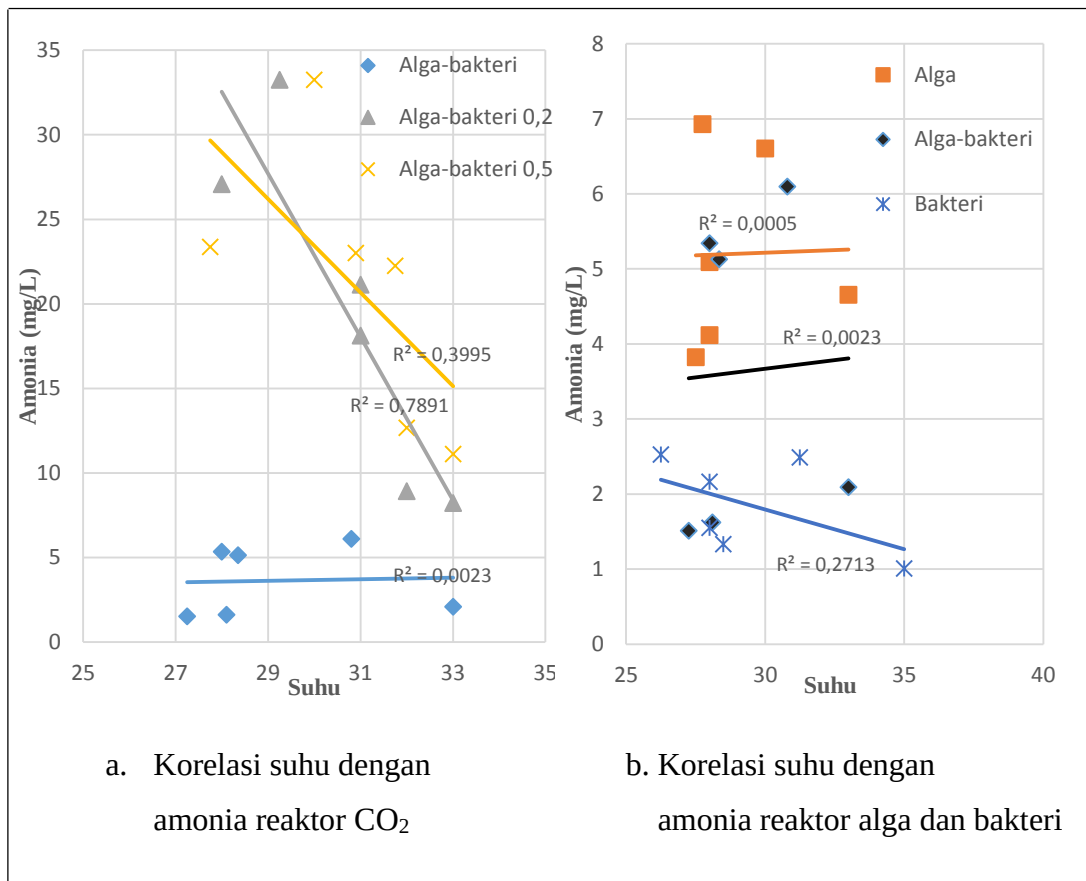
Gambar 4.13 Korelasi pH dengan Amonia

Dalam air limbah pH mempengaruhi distribusi bentuk amonia dalam air limbah. Amonia dalam air atau dalam larutan dapat berbentuk amonia molekul NH₃ atau ion amonium NH₄⁺. Jika amonia banyak dalam bentuk amonium NH₄⁺ hal ini menunjukkan amonium akan banyak diserap oleh mikroalga sebagai nutrisi. Adapun jika berbentuk amonia molekul NH₃ amonia akan mudah menguap. Berdasarkan **Gambar 4.13** menunjukkan koefisien korelasi

diatas 0,5. Pernyataan ini menunjukan penambahan CO₂ meningkatkan hubungan pH terhadap penyisihan amonia. Karena berdasarkan **Gambar 4.8** dengan penambahan CO₂ pH air limbah diantara rentang 6 sampai 7, dan pada reaktor tanpa suplai CO₂ rentang pH 7-10. Karena nilai pH biasanya kurang dari 8 mayoritas nitrogen amonia dalam bentuk ion amonium (NH₄⁺) (Crites *et al.*, 2006), yang merupakan nutrien yang dimanfaatkan mikroalga.

4.7.3 Korelasi Amonia terhadap Suhu

Selain derajat keasaman (pH), temperatur merupakan hal penting dalam menggambarkan nutrien (amonia) dan kemampuan mikroalga dalam mengolahnya. Karena faktor suhu salah satu menentukan distribusi amonium dan amonia dalam air (Viljoen, 2001). Oleh karena itu, suhu sebagai indikasi dari kedua hal yang dikorelasikan dengan penurunan amonia.



Gambar 4.14 Korelasi Suhu dengan Amonia

Gambar 4.14 menunjukkan dengan penambahan CO₂ suhu meningkat diantara 30°C-33°C, sehingga meningkatkan nilai korelasi hubungan temperatur terhadap penyisihan amonia, yaitu nilai koefisien korelasi 0,7891. Oleh karena itu, suhu memiliki korelasi dengan kadar amonia. Dengan suhu selalu 30°C -33°C menyebabkan kadar amonia turun, sedangkan suhu dibawah 30°C amonia cenderung stabil. Adapun untuk koefisien korelasi reaktor bakteri 0,2713 korelasi suhu dan amonia dalam penurunannya disebabkan perubahan bentuk amonia menjadi NH₃, berdasarkan **Gambar 4.10** dan **Gambar 4.8** terlihat suhu dan pH reaktor bakteri mencapai 35°C dan 10,15 ini menunjukkan distribusi amonia dia air kurang lebih 80% adalah NH₃ yang sifatnya mudah menguap. Hal ini sesuai pendapat Shi *et al.*, (2007), penurunan amonia dalam air limbah juga dimungkinkan karena proses pembentukan NH₃ dan dilepaskan ke atmosfer .

4.8 Efisiensi Penghapusan Amonia

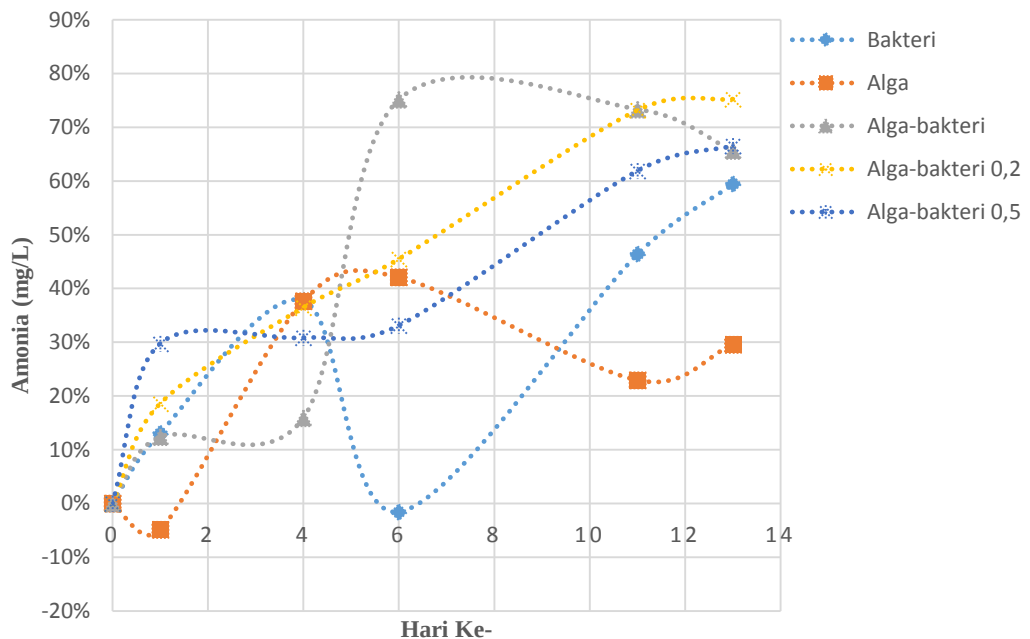
Tingkat penghapusan amonia oleh pengolahan menggunakan alga-bakteri pada reaktor alga ini dapat dihitung berdasarkan masing-masing reaktor. Perhitungan dapat dilakukan dengan melihat konsentrasi awal amonia dan konsentrasi akhir amonia. Efisiensi penyisihan (%) dapat dihitung menggunakan rumus :

$$(\%) = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (4.1)$$

Keterangan : C_{in} = Kosentrasi Amonia Awal

C_{out} = Kosentrasi Amonia Akhir

Hasil dari efisiensi dapat dilihat dalam **Gambar 4.15** berikut:



Gambar 4.15 Efisiensi penghapusan amonia

Efisiensi penghapusan amonia pada **Gambar 4.15** menunjukkan kombinasi denga alga-bakteri memiliki efisiensi >65%. Hal ini disebabkan terjadinya simbiosis alga-bakteri, mikroalga menyediakan suplai O_2 dan nutrisi bagi bakteri, seperti vitamin B_{12} dan bakteri membantu memecahkan senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti ammonium, nitrogen, fosfat, dan karbon dioksida, sehingga dapat dimanfaatkan oleh alga. Simbiosis alga-bakteri diperkuat dengan penambahan gas CO_2 dengan laju 0,2 L/menit yang meningkatkan efisiensi

penghapusan mencapai 75%. Karena dengan CO₂ laju 0,2 L/menit mampu membuat kondisi pH, suhu dan klorofil-a mencapai kondisi optimum untuk menghapus amonia dalam air limbah.

Pada sistem alga terjadi fluktuatif penghapusan amonia hingga terakhir mencapai 30%. Fluktuatif ini disebabkan pada sistem alga mengalami penurunan (kematian) sel alga yang mengakibatkan dekomposisi alga yang mati yang membentuk amonia dan menghambat proses penyisihan amonia karena terbatasnya sel alga (Ayu *et al.*, 2014). Sedangkan fluktuatifnya pada sistem bakteri pada hari keenam disebabkan terjadinya kematian mikroalga yang bersumber dari bakteri fluktuatif. Efisiensi bakteri yang mencapai 60% disebabkan terbentuknya NH₃ yang kemudian menguap ke atmosfer sehingga meningkatkan efisiensi (Shi *et al.*, 2007). Efisiensi ini sebanding dengan penelitian yang dilakukan oleh Tang *et al.* (2016), yang menjelaskan penyisihan NH₄⁺ menggunakan simbiosis alga-bakteri antara 32,39% sampai 91,65% selama 35 hari pada limbah artifisial dan berbagai laju aerasi, dan dari laporan Posadas *et al.* (2015), penghapusan total nitrogen menggunakan suplai CO₂ dari industri mencapai lebih dari 70% selama 24 hari. Sedangkan pada musim panas penghapusan amonia (NH₄⁺) mencapai 85% dan pada musim dingin bulan Desember- Januari mencapai 65%, dengan pengukuran selama 14 hari (Godos *et al.*, 2016).

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penurunan amonia dengan penambahan CO₂ laju 0,2 L/menit pada reaktor alga-bakteri menghasilkan efisiensi removal sebesar 75 %
2. Dengan penambahan CO₂ laju 0,2 L/menit membuat proses penghapusan amonia meningkat dengan kondisi pH, suhu, dan klorofi-a kadaan optimum
3. Variabel parameter kualitas air berupa DO, pH, temperatur, intensitas cahaya memiliki pengaruh terhadap kinerja alga reaktor dalam menurunkan amonia. Parameter pH dan temperatur memiliki pengaruh langsung dengan penghapusan amonia

5.2 Saran

Beberapa saran untuk mendukung pengembangan penelitian kedepan sebagai berikut :

1. Aplikasi dengan limbah lain seperti limbah industri dengan mengkondisikan lingkungan yang sama.
2. Menggunakan jenis mikroalga yang berbeda yang memiliki kemampuan menghapus amonia lebih tinggi.
3. Dilakukan proses *mixing* yang sempurna pada reaktor sehingga tidak terdapat zona sedimentasi (mati).

DAFTAR PUSTAKA

- Abe Katsuya, Atsue Imamaki, and Morio Hirano., 2002. **Removal of nitrate, nitrite, ammonium and phosphate ions from water by the aerial microalga *Trentepohlia aurea***. Journal of Applied Phycology. 2002 14(2) 129-134
- Agus S, Yeni Y, dan Rizal M., 2011. **Pengaruh CO₂ Terhadap Pertumbuhan *Staurostrum* sp.** Makara Sains. Vol.9 No. 1
- Alaerts, G. Dan Santika, S.S. 1987. **Metode Penelitian Air**. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- Ayu S. *et al.*, 2014. **Penambahan Urea sebagai Co-Substrat pada Sistem Hight Rate Algae Reactor (HRAR) Untuk Pengelohan Air Limbah Tercemar Minyak Solar**. Jurnal Teknik POMITS Vol. 3, No. 2
- Balai PIPBPJK, 2016. **Hasil Pengujian Kualitas Air Limbah Inlet**. Daerah Istimewa Yogyakarta
- Bellinger E.G, and David C. S., 2010. **Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators**. John Wiley and Sons, Ltd
- Carl C, Rocky N, and Nicholas A., 2014. **The seeding and cultivation of a tropical species of filamentous *Ulva* for Algal biomass production**. Journal Pone 0098700
- Clark, J.W., W. Viessman and M. Hammer. 1977. **Water Supply and Pollution Control. 3th ed.** Harper and Row Publishers. New York.
- Chisti Yusuf. 2007. **Biodisel From Microalgae**. Biotechnology Advances 25: 294-306.
- Chojnacka, K. 2009. **Biosorption And Bioaccumulation In Practice**. Nova Scince Publisher, Inc. New York.

- Crites W.J, Joe M, Sherwood C., 2006. **Natural Wastewater Treatment System** . CRC Press
- Croft, M.T, Andrew D.L, Evelyne R, Martin J.W, and Alison D.S., 2005. **Algae acquire vitamin B₁₂ through a symbiotic relationship with bacteria**. Nature 438, 90–93.
- Dwivedi S. 2012. **Bioremediation of Heavy Metal by Algae**: Current and Future Perspectie. Jadv Lab Res Biol. 3(3): 195-199
- Anggriary Dwi, 2012. **Perbandingan Kerapatan Sel dan Kandungan Klorofil Synechococcus sp. RDB001 yang Ditumbuhkan pada Suhu 30±5°C dan 50±5°C**. Skripsi. Departemen Biologi. Universitas Indonesia
- de-Bashan, L.E., Bashan, Y., 2010. **Immobilized microalgae for removing pollutants: review of practical aspects**. Bioresour. Technol. 101, 1611–1627.
- Gentili, F.G., 2014. **Microalgal biomass and lipid production in mixed municipal, dairy, pulp and paper wastewater together with added flue gases**. Bioresour. Technol. 169, 27–32.
- Godos I, Arbib, Lara E, and Rogalla., 2016. **Evaluation of Hight Rate Algae Pond for treatment of anarobically digested wastewater: Effect of CO₂ addition and modification of dilution rate**. Bioresource Technology 220(2016) 253-261
- Hoshida H, Takayuki O, Akira M, Rinji A, and Yoshinori M., 2005. **Accumulation of Eicosapentaenoic Acid in Nannochloropsis sp. In Response to Elevedet CO₂ Concentrations**. Journal of Applied Phycology. 17: 29-34
- Kodama dan Fujhisima, 2015.**Differences in Infectivity between Endosymbiotic Chlorella Variabilis Cultivated outside Host Paramecium Bursaria for 50 Years and Those Immediately Isolated from Host Cells After One Year of Reendosymbiosis**. Journal Biology Open (2015)
- Kristianto, P. 2002. **Ekologi Industri**. Penerbit ANDI. Yogyakarta.

- Kumar De. 1987. **Enviromental Chemistry**. Willey Eastern Limited. New Delhi.
- Liang Zhijie, Yan Liu, Fei Ge, Yin Xu, Nengguo Tao, Fang Peng, and Minghung Wong., 2013. **Efficiency assessment and pH effect in removing nitrogen and phosphorus by algae-bacteria combined system of chlorella vulgaris and Bacillus licheniformis**. Chemosphere 2013-05-014
- Liliana D, Filipa L, Behnam T, and Dominique P., 2016. **Nitrogen and phosphate removal from wastewater with a mixed microalgae and bacterial culture**. Biotechnology Reports 2016 page 18-26.
- Limbong A., 2008. **Alkalinitas: Analisa dan Permasalahannya untuk Air Industri**. Karya Ilmiah, Kimia Analisis, Universitas Sumatra Utara.
- Lu Qian, Wenguang, Min Min, Xiaochen, Yiwei, Paul C, Hongli, Yen T, Hui, Chi Chen, Pedro E, Gerald, and Roger. 2016. **Mitigating amonia nitrogen deficiency in dairy wastewaters for algae cultivation**. Bioresource Technology 201 (2016) 33-40
- Marimuthu, 2011. **Relationships Amongst Chlorella Isolates from The Tropical, Temperate and Antarctic Regions Based on Morphological, Biochemical and Molecular Studies**. Thesis. Falculty of Science University of Malaya, Kuala Lumpur
- Michael D., 2012. **How Many Species Of Alga are There**. J.Phycol 48 1057-1063
- Mulyanto A, dan Titin H., 2015. **Fiksasi Emisi Karbon Dioksida dengan Kultivasi Mikroalga Menggunakan Nutrisi dari Air Limbah Industri Susu**. Jurnal Riset Industri. Vol. 9 No.1 Hal. 13-21
- Nadine, 2007. **Wastewater Cleaning Using Microalgae Biofilms**. www.wur.nl. (18/02/2017)
- Oktafiani M. dan Hermana J., 2013. **Pengaruh Konsentrasi Nutrien dan Konsentrasi Bakteri pada Produksi Alga dalam Sistem Bioreaktor**

- Proses Batch.** Jurnal Teknik POMITS Vol. 2 No.1 (2013) ISSN: 2337-3539
- Park, J.B.K., Craggs, R.J., 2010. **Wastewater treatment and algal production in high rate algal ponds with carbon dioxide addition.** Water Sci. Technol. 61, 633–639.
- Nielsen P, Louise C. Andresen, Anders M, Inger K. Schmidt, Jane K., 2009. **Seasonal variations and effects of nutrient applications on N and P and microbial biomass under two temperate heathland plants.** Applied Soil Ecology. Vol. 2 Issue 3, pages 279-287
- Posadas E, Maria M, Cintia G, Gabriel A, and Raul M., 2015. **Influence of pH and CO₂ source on the performance of microalgae-based secondary domestic wastewater treatment in outdoors pilot raceways.** Chemical Engineering Journal 265 (2015) 239-248
- Prihatini, N.B, Putri., dan Yuniati, R. 2005. **Pertumbuhan Chlorella spp. Dalam Medium Ekstak Tauge (MET) dengan Variasi pH Awal.** Makara Sains. 9(1):1-6
- Purnawati S. *et al.*, 2013. **Pertumbuhan Chlorella Vulgaris Beijerinck dalam Medium yang Mengandung Logam Berat Cd dan Pb Skala Laboratorium.** Seminar Nasional Biologi. 2013
- PP Nomor 82, 2001. **Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.** Presiden Republik Indonesia
- Sihombing R.F, Riris A, dan Hartoni. 2013. **Kandungan Klorofil-a Fitoplankton di Sekitar Perairan Desa Sungsang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan.** Maspari Journal, 2013,5 (1), 34-39
- Roger, K. 2011. **Fungi, Algae, and Protists.** Britanica education Publishing in association of algae in biomonitoring and phytoextraction of heavy metals contamination in urban stream water. Int. J. Environ. Sci. Tech. 8 (1): 115-128

- Santi N. D., 2004. **Pengelolaan Limbah Cair pada Industri Penyamakan Kulit Industri Pulp dan Kertas Industri Kelapa Sawit.** Jurnal Falkutas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara
- Setiawan Y, Aep S, Prima B, dan Saepulloh. 2014. **Pemanfaatan Emisi Gas CO₂ untuk Budidaya Spriluna Plantensis dalam Upaya Penurunan Gas Rumah Kaca (GRK).** Jurnal Riset Industri. Vol.8 No.2 Hal 83-89
- S.A. Razzak., *et al.*, 2013. **Integrated CO₂ Capture, Wastewater Treatment and Biofuel Production by Microalgae Culturing-A Review.** Renewable and Sustainable Energy Reviews 27 622-653
- Shi, J., Podola, B., Melkonian, M. 2007. **Removal of nitrogen and phosphorus from wastewater using microalgae immobilized on twin layers: An experimental study.** Journal of Applied Phycology 19, 417-423.
- SNI 06-2412-1991 tentang Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air
- SNI 06-6989.14-2004 tentang Air dan Air Limbah - Bagian 14: Cara Uji Oksigen Terlarut Secara Iodometri (modifikasi azida)
- SNI 06-4157-1996 Metode Pengujian Kadar Klorofil A Fitoplankton Dalam Air Dengan Spektrofotometer
- SNI 06-6989.30-2005 Metode Uji Kadar Amonia dengan Spektrofotometer secara Fenat
- Su. 2012. **Settleable Algal-bacterial Culture for Municipal Wastewater Treatment.** Dissertation. Universitas Luneburg.
- Su, Y., Mennerich, A., Urban, B., 2011. **Municipal wastewater treatment and biomass accumulation with a wastewater-born and settleable algal-bacterial culture.** Water Research 45 (2011) 3351-3358
- Su, Y., Mennerich, A., Urban, B., 2012. **Synergistic cooperation between wastewaterborn algae and activated sludge for wastewater treatment: influence of algae and sludge inoculation ratios.** Bioresour. Technol. 105, 67–73.

- Sucipto L., 2012. **Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter.** Skripsi Universitas Indonesia.
- Sugiharto. 2008. **Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah.** Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Sugiyono. 2012. **Metodelogi Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R dan D.** Alfabetha. Bandung.
- Sumarno. 2000. **Degradasi Lingkungan.** Hand Out Kuliah. Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Tang C, Wei Zuo, Yuo Tin, Ni Sun, Zhein W, and Jun Zhang., 2016. **Effect of aeration rate on perfomance and stability of algal-bacterial symbiosis system to treat domestic watewater in sequencing batch reactors.** Bioresource Technology 222(2016) 156-164
- US EPA, 2017. **Water: Monitoring and Assessment. Total Akalinity.** [\(www.archive.epa.gov\)](http://www.archive.epa.gov) (08/06/2017)
- Vahistan, B.R., 1797. **Botany Algae.** New Dehli: S Chand Co.Ltd India
- Viljoen, *et al.*, 2001. **Removal of Amonia from Aqueous System in a Semibatch Reactor.** Department of Chemical Engineering, University of Nebraska, 3361-3368
- Wallace J, Champagne P, and Hall G., 2016. **Multivariate Statistical Analysis of Water Chemistry Condition in there Wastewater Stabilization Ponds rith Algae Blooms and pH Fluctuations.** Water Research 96 (2016) 155-165
- William Costanzo, Roger Hilten, Umakanta Jena, K.C.Das, and James Kastner., 2016. **Effect of Low Temperatur Hydrothermal Liquefaction on Catalytic Hydrodenitrogenation of Algae Biocrude and Model Macromolecules.** Algal Research 13(2016) 53-68

- Winata, I. N. A, et. al. 2000. **Perbandingan Kandungan P dan N Total dalam Air Sungai di Lingkungan Perkebunan dan Persawahan.** Jurnal Ilmu Dasar, Vol. 1 No I. Universitas Jember. Jember.
- Wirawan Arif, Ruslan Wirosoedarmo, dan Liliya Dewi Susanawati., 2014. **Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) dengan Teknik Tanaman Hidroponik Sistem DFT (Deep Flow Technique).** Jurnal Sumber daya Alam dan Lingkungan.
- Woodward K.B, Fellows CS, Conway CL, Hunter HM., 2009. **Nitrate removal, denitrification and nitrous oxide production in the riparin zone of an ephemeral stream.** Soil Biol Biochem. 41:671-680.
- Xiaochen M, Wenguang Z, Zongqiang Fu, Yangling C, Min Min, Yuhuan L, Yunkai Z, Paul Chen, and Roger Ruan., 2014. **Effect of wastewater-borne bacteria on algal growth and nutrients removal in wastewater-based algae cultivation system.** Bioresource Technology. 167 (2014)8-13
- Yuliandri F, Yudha D, dan Luqman B., 2013. **Biofikasi CO₂ oleh Mikroalga *Spirulina sp* dan Upaya Pemurnian Biogas.** Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 2, No. 4 125-131
- Zhang, Y, Hongyang, Yunna, Chunmin, Zeng Shen, Wenjing, Gang Yan, and Xuefei Zhou., 2012. **The effect of bacterial contamination on the heterotrophic cultivation of *Chlorella pyrenoidosa* in wastewater from the production of soybean products.** Water Res. 46, 5509–5516.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Alat, Bahan, dan Cara Kerja Uji Amonia, DO, Klorofil a, dan Kerapatan sel

➤ Uji Amonia

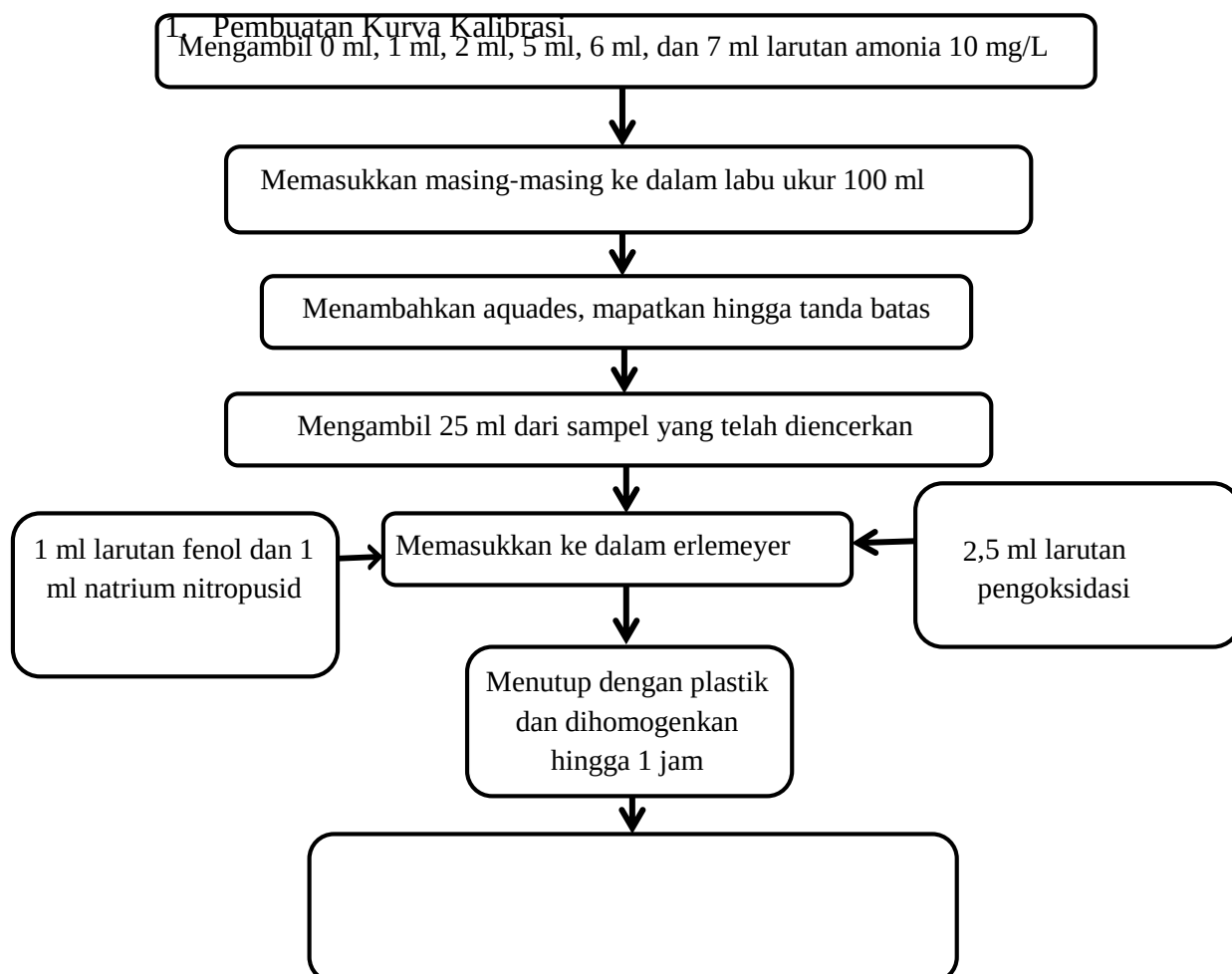
Alat

Alat yang diperlukan dalam uji amonia adalah erlemeyer 50 mL, gelas ukur 25 mL, gelas beker 50 mL, pipet hisap 10 mL, karet hisap, labu ukur 100 mL, plastik, kuvet, dan spektrofotometer

Bahan

Bahan yang digunakan adalah larutan amonia baku 10 mg N/L, larutan fenol 90%, larutan alkalin sitrat, larutan Natrium nitropusid, larutan Natrium hipoklorit, aquades, dan air sampel.

Cara Kerja



Memasukan pada kuvet dan diukur pada spektrofotometer dengan panjang gelombang

460 nm
Mengambil sampel uji 2 mL

2. Pengujian Sampel

Memasukkan masing-masing ke dalam labu ukur 100 ml

Menambahkan aquades, mapatkan hingga tanda batas

Mengambil 25 ml dari sampel yang telah diencerkan

1 ml larutan fenol dan 1 ml natrium nitropusid

Memasukkan ke dalam erlemeyer

2,5 ml larutan pengoksidasi

Menutup dengan plastik dan dihomogenkan hingga 1 jam

Memasukan pada kuvet dan diukur pada spektrofotometer dengan panjang gelombang
460 nm

➤ Uji DO

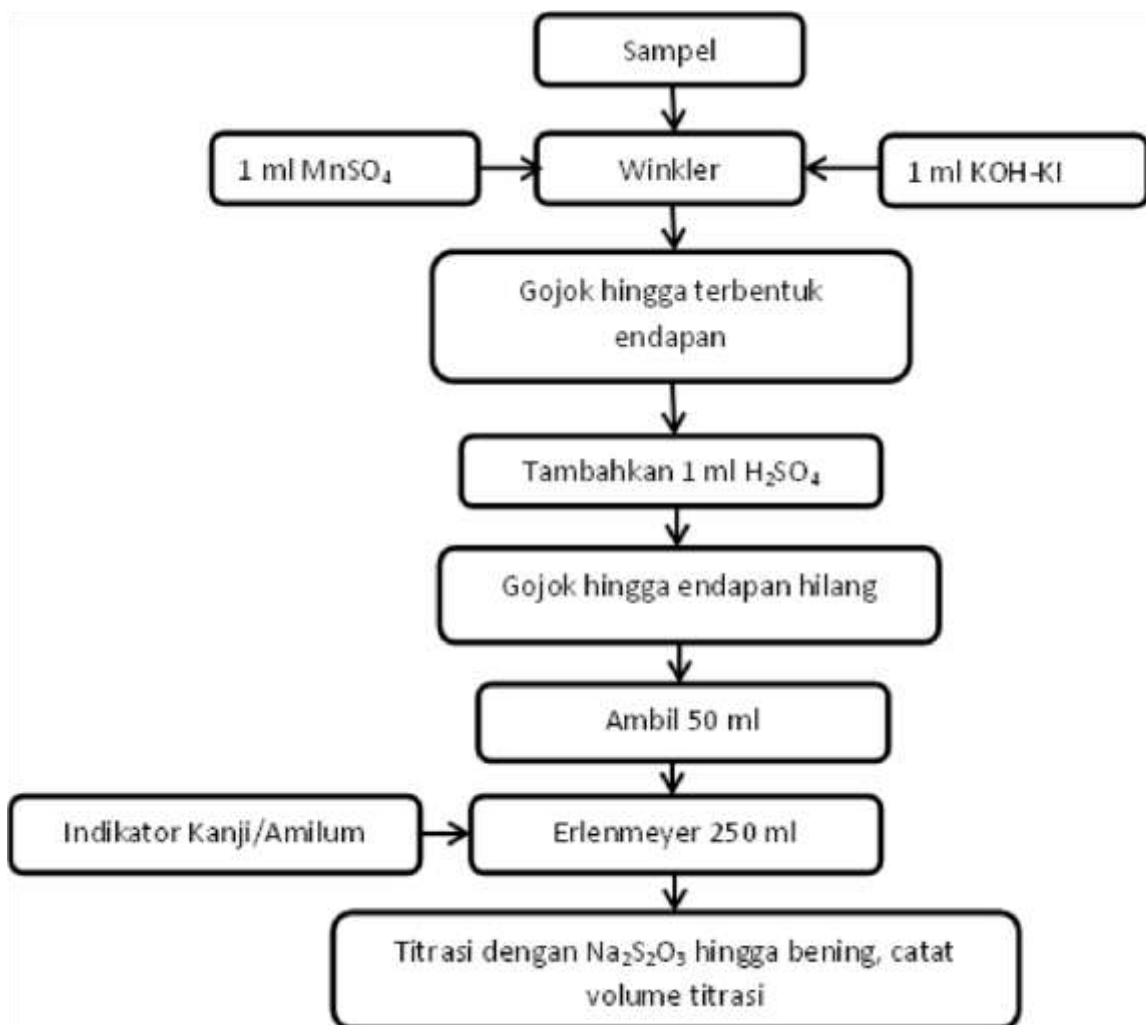
Alat

Alat yang diperlukan dalam uji DO adalah erlemeyer 250 mL, gelas ukur 25 mL, gelas beker 1000 mL, pipet hisap 10 mL, karet hisap, Botol Winkler, statip dan buret.

Bahan

Bahan yang digunakan adalah air sampel, aquades, MnSO_4 , H_2SO_4 pekat, indikator kanji/amilum, KOH-KI , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Cara kerja



➤ **Uji Klorofil-a**

Alat

Alat yang diperlukan dalam pengujian klorofil a yaitu timbangan analitik, beaker gelas, kuvet, spektrofotometer, tabung sentrifus, alat sentrifus klinis, karet hisap, pipet ukur, stopwatch, dan kertas saring membran ukuran porositas 0,45 μm

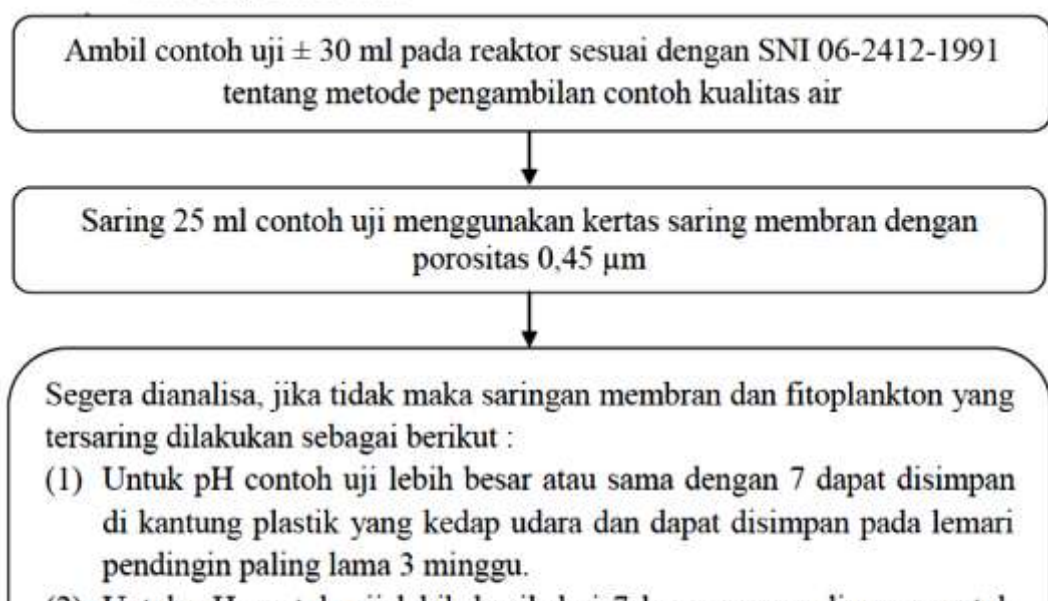
Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian klorofil a mengacu pada SNI 064157-1996 tentang pengujian kadar klorofil a fitoplankton dalam air dengan spektrofotometer, tercantum pada tabel berikut :

No	Nama Bahan

1	Magnesium karbonat, MgCO_3
2	Aseton
3	Asam klorida pekat, HCl
4	Air suling

Cara Kerja



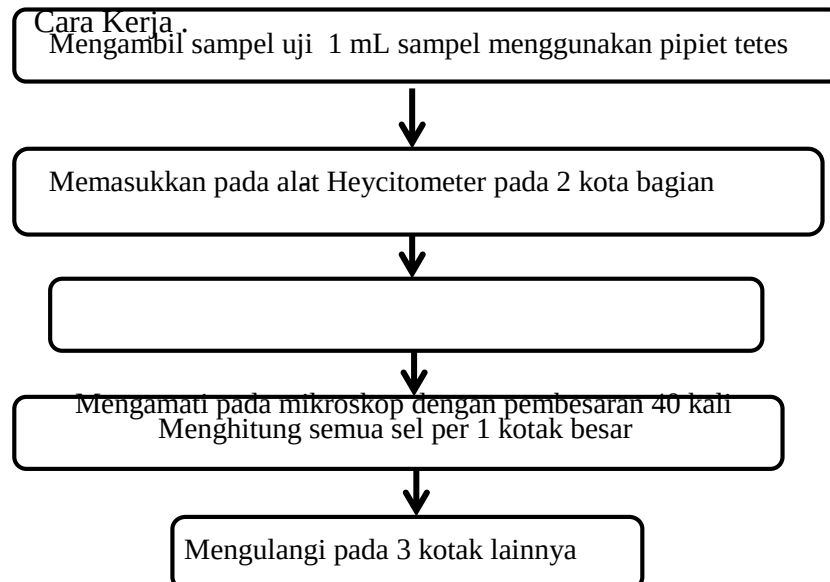
➤ Uji Kerapatan Sel

Alat

Alat yang diperlukan dalam pengujian kerapatan sel yaitu 1 set Heycitometer, pipet tetes, mikroskop, dan aquades.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian kerapatan sel yaitu 1 ml sampel.

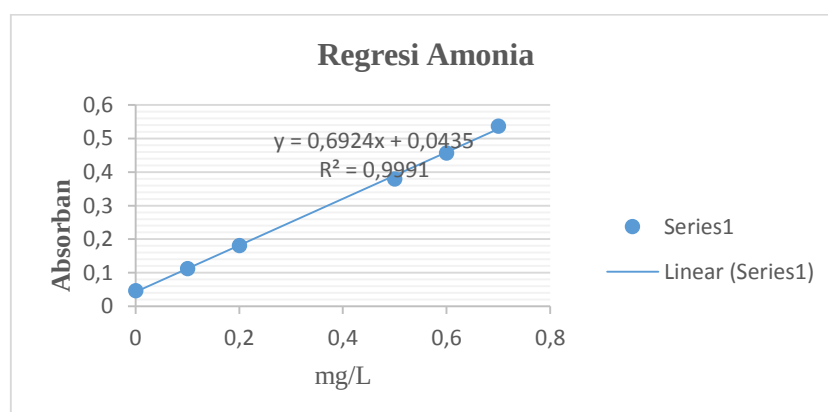


Lampiran 2

Hasil Pengujian Regresi Amonia, Uji Amonia, DO, Klorofil a, dan Kerapatan sel

➤ Pengujian Regresi Amonia

No	mg/L (X)	Absorban (Y)
1	0	0,047
2	0,1	0,113
3	0,2	0,181
4	0,5	0,38
5	0,6	0,457
6	0,7	0,537
Jumlah	2,1	1,715
Rata-rata	0,35	0,29



➤ Pengujian Amonia

Hari	Bakteri	Alga	Alga-bakteri	Alga-bakteri 0,2	Alga-bakteri 0,5
0	2,49	6,605	6,1	33,25	33,25
1	2,165	6,93	5,345	27,08	23,36
4	1,55	4,12	5,13	21,125	23
6	2,53	3,825	1,515	18,125	22,245
11	1,335	5,09	1,625	8,915	12,67
13	1,01	4,655	2,095	8,23	11,12

- Contoh perhitungan hari ke 0 reaktor bakteri:

Nilai absorban hari ke 0 adala 0,078

Faktor pengenceran adalah 50 kali

Persamaan regresi $y = 0,6924x + 0,0435$

Nilai amonia $0,078 = 0,6924 (x) + 0,0435$

$$x = 0,05$$

Kadar amonia dalam air limbah (mg/L) adalah $0,05 \times 50 = 2,49 \text{ mg/L}$

➤ Pengujian DO

Hari	Bakteri	Alga	Alga-bakteri	Alga-bakteri 0,2	Alga-bakteri 0,5
0	1,31	1,98	2,25	0,98	0,71
1	1,17	2,93	1,88	1,84	1,19
4	1,27	4,00	1,21	1,75	1,46
6	1,33	3,49	0,88	1,88	1,40
11	1,25	0,33	1,31	2,06	1,79
13	0,75	2,08	1,98	1,77	1,67

- Contoh perhitungan hari ke 11 reaktor bakteri:

Volume titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hari ke 11 adala 3 mL

Faktor pengenceran adalah 50 kali

N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ adalah 0,0026

$$\begin{aligned}\text{Nilai DO} &= (V_{\text{Titrasi}} \times N \times 8000)/50 \\ &= (3 \times 0,0026 \times 8000)/50\end{aligned}$$

$$= 1,25$$

Kadar DO dalam air limbah (mg/L) adalah 1,25 mg/L

➤ **Pengujian Klorofil-a**

Hari	Alga	Alga-bakteri	Alga-bakteri 0,2	Alga-bakteri 0,5
1	35,24	12,82	76,90	35,24
4	9,61	25,63	76,90	35,24
6	92,92	208,26	99,32	102,53
11	49,98	131,36	214,67	192,24
13	35,24	291,56	281,95	657,78

- Konsentrasi klorofil a hari ke 0 dengan limbah *greywater*

Angka 26,7 = Konstanta (koreksi) serapan masuk

$$A = 0,02 - 0,004 = 0,016$$

$$B = 0,017 - 0,011 = 0,006$$

$$\begin{aligned} \text{Klorofil a} &= \frac{(26,7 (A-B) \times V_e)}{V_s \times L} \text{ mg/ m}^3 \\ &= \frac{2,67 (0,016 - 0,006) \times 0,006}{0,000025 \text{ m}^3 \times 1 \text{ cm}} \\ &= 35,24 \text{ mg/m}^3 = \end{aligned}$$

Jadi, konsentrasi Klorofil a pada sampel alga adalah 35,24 mg/m³

➤ **Pengujian Kerapatan sel pada reaktor**

Jumlah sel (sel/mL) x 10 ⁶				
Hari	Alga	Alga-bakteri	Alga-bakteri 0,2	Alga-bakteri 0,5
1	2,235	2,25	1,33	0,485
4	0,1475	0,14	7,05	7,24

6	0,06575	0,05	9,85	6,95
11	0,0675	0,225	7,035	7,85
13	0,0045	0,2075	4,985	7,98

➤ **Pengujian Kerapatan sel pada kultivasi**

Hari	Sampel x 10 ⁶ sel/mL
	Aklimatisasi
0	2,7
1	4,7
2	7,1
4	3,4
5	6,4
8	7,64
10	4,3
15	3,6
17	4,9

- Contoh perhitungan hari ke 0 reaktor kultivasi:

Jumlah Kotak 1 adalah 275 sel

Jumlah Kotak 2 adalah 275 sel

Jumlah Kotak 3 adalah 275 sel

Jumlah Kotak 4 adalah 293 sel

Faktor pengenceran adalah 1 kali

$$\text{Jumlah sel (sel/ml)} = \frac{\text{Jumlah sel perkotak} \times \text{Faktor pengenceran}}{\text{Volume kotak}}$$

$$\text{Jumlah sel (sel/ml)} = \frac{1118 \times 1}{0,0004}$$

$$= 2795000$$

Jadi jumlah sel dalam kultivasi hari ke 0 (sel/mL) adalah $2,79 \times 10^6$ sel/mL

Lampiran 3

Hasil Pengujian pH, Suhu, dan Intesitas Cahaya

➤ Pengujian pH

Hari	Bakteri	Alga	Alga-bakteri	Alga-bakteri 0,2	Alga-bakteri 0,5
0	8,25	7,9	8,15	6,25	5,65
1	8,2	7,45	8,35	5,75	5,4
2	9,65	9	9,6	6,35	5,95

4	10	8	9,2	7,05	6,65
5	10,15	8,5	8,25	7,65	6,9
6	9,95	8,05	9	6,8	6,6
7	9,55	8,85	9	5,85	5,75
8	9,6	8	8,8	6	5,7
11	9,55	8,25	8,6	7,35	6,95
12	10,1	8,15	9,75	7,4	6,5
13	9,25	7,65	7,7	7,55	6,8

➤ **Pengujian Suhu**

Hari	Bakteri	Alga	Alga-bakteri	Alga-bakteri 0,2	Alga-bakteri 0,5
0	31,25	30	30,8	29,25	30
1	28	27,75	28	28	27,75
2	30	28,95	29	31	30,1
4	28	28	28,35	31	30,9
5	29,9	29,75	30	31	32,75
6	26,25	27,5	27,25	31	31,75
7	27,25	28,5	28,5	30	31,8
8	28,25	28	28	31	31
11	28,5	28	28,1	32	32
12	35	33	33	33	33
13	35	33	33	33	33

➤ **Pengujian Intesitas Cahaya**

Hari	Bakteri	Alga	Alga-bakteri	Alga-bakteri 0,2	Alga-bakteri 0,5
0	14270	14270	14520	13540	13540
1	18420	18420	18420	11660	11430
2	16675	9310	13760	8335	8765
4	8310	8310	8310	6440	6440

5	19000	14870	18400	11850	11420
6	2490	1505	2290	887	1221
7	14580	11640	13510	8915	9790
8	19400	11260	19800	19000	19700
11	14200	10970	12880	11140	10290
12	19200	9440	14550	4630	5480
13	11000	5440	8080	2730	6550

Lampiran 4

Tabel dan Perhitungan Korelasi

➤ Perhitungan Korelasi Klorofil-a dengan Amonia

Hari	Alga		Alga-bakteri		Alga-bakteri 0,2		Alga-bakteri 0,5	
	mg/m ³ (X)	mg/L(Y)	mg/m ³ (X)	mg/L(Y)	mg/m ³ (X)	mg/L(Y)	mg/m ³ (X)	mg/L(Y)
1	35,24	6,93	12,82	5,35	76,90	27,08	35,24	23,36
4	9,61	4,12	25,63	5,13	76,90	21,13	35,24	23,00
6	92,92	3,83	208,26	1,52	99,32	18,13	102,53	22,25
11	49,98	5,09	131,36	1,63	214,67	8,92	192,24	12,67
13	35,24	4,66	291,56	2,10	281,95	8,23	657,78	11,12
Jumlah	223,00	24,62	669,64	15,71	749,74	83,48	1023,04	92,40

➤ Perhitungan Korelasi pH dengan Amonia

Hari Ke	Alga		Alga-bakteri		Alga-bakteri 0,2		Alga-bakteri 0,5		Bakteri	
	pH(X)	mg/L(Y)	Ph(X)	mg/L(Y)	Ph(X)	mg/L(Y)	Ph(X)	mg/L(Y)	Ph(X)	mg/L(Y)
0	7,9	6,605	8,15	6,1	6,25	33,25	5,65	33,25	8,25	2,49
1	7,45	6,93	8,35	5,345	5,75	27,08	5,4	23,36	8,2	2,165
4	8	4,12	9,6	5,13	7,05	21,125	6,65	23	10	1,55
6	8,05	3,825	8,25	1,515	6,8	18,125	6,6	22,245	9,95	2,53
11	8,25	5,09	8,6	1,625	7,35	8,915	6,95	12,67	9,55	1,335
13	7,65	4,655	7,7	2,095	7,55	8,23	6,8	11,12	9,25	1,01

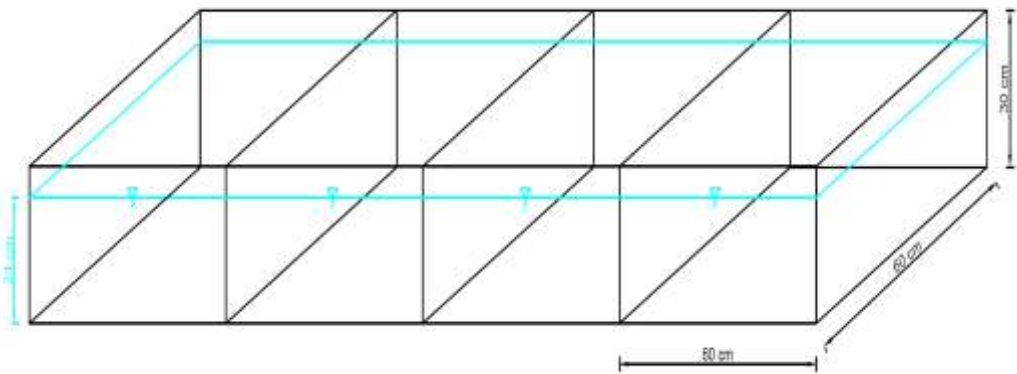
Jumlah	47,3	31,225	50,65	21,81	40,75	116,725	38,05	125,645	55,2	11,08
--------	------	--------	-------	-------	-------	---------	-------	---------	------	-------

➤ Perhitungan Korelasi Suhu dengan Amonia

Hari Ke	Alga		Alga-bakteri		Alga-bakteri 0,2		Alga-bakteri 0,5		Bakteri	
	Suhu(X)	mg/L(Y)	Suhu(X)	mg/L(Y)	Suhu(X)	mg/L(Y)	Suhu(X)	mg/L(Y)	Suhu(X)	mg/L(Y)
0	30	6,605	30,8	6,1	29,25	33,25	30	33,25	31,25	2,4
1	27,75	6,93	28	5,345	28	27,08	27,75	23,36	28	2,16
4	28	4,12	28,35	5,13	31	21,125	30,9	23	28	1,5
6	27,5	3,825	27,25	1,515	31	18,125	31,75	22,245	26,25	2,5
11	28	5,09	28,1	1,625	32	8,915	32	12,67	28,5	1,33
13	33	4,655	33	2,095	33	8,23	33	11,12	35	1,0
Jumlah	174,25	31,225	175,5	21,81	184,25	116,725	185,4	125,645	177	11,0

Lampiran 5

Dokumentasi



Gambar 1. Desain Reaktor



Gambar 2. Persiapan *Running*



Gambar 3. Kultur Alga



Gambar 4. Proses Running



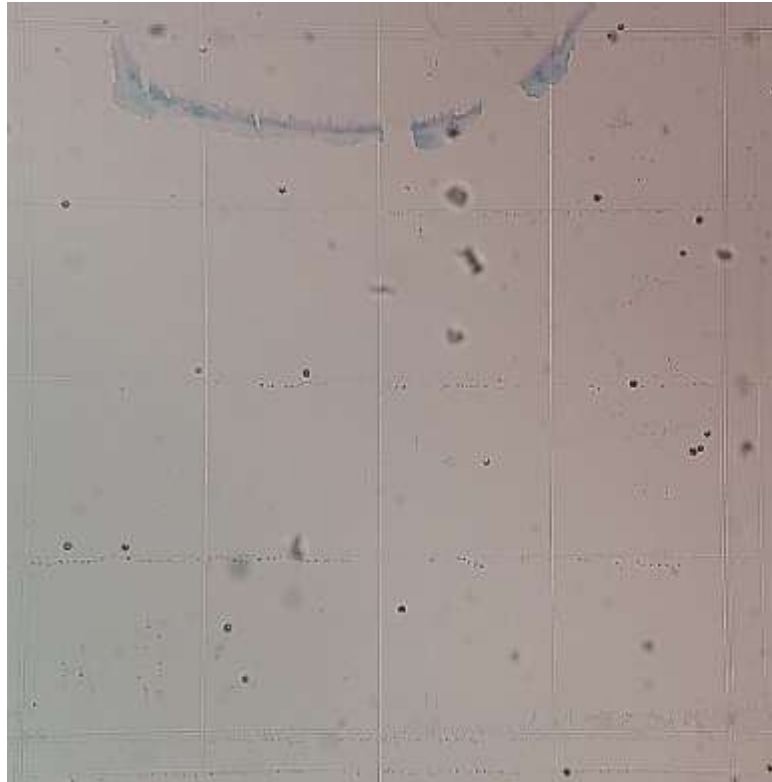
Gambar 5. Uji Amonia



Gambar 6. Uji DO



Gambar 7. Uji Klorofil a



Gambar 8. Uji Kerapatan sel pembesaran 40 kali

